



Uso da Termografia na Detecção de Avarias

ADRIANA PRÍNCIPE HENRIQUES MARTINS

Outubro de 2013

Uso da Termografia na Detecção de Avarias

Adriana Príncipe Henriques Martins

Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em
Engenharia Civil – Ramo de Construções

Orientador: Engenheiro Duarte Barroso Lopes

ISEP – 5 de Outubro de 2013

AGRADECIMENTOS

Por toda a contribuição e ajuda prestada para concluir este trabalho, o meu maior agradecimento:

Ao meu orientador, Professor Duarte Lopes, pelos conselhos e sugestões na condução do meu trabalho, o estímulo, a disponibilidade permanente, compreensão e facilidade de requisição do equipamento para alcançar os fins a que me propus.

Ao Fábio e ao Hugo, colegas e amigos, que colaboraram na realização do trabalho de campo. Sem a paciência, disponibilidade e colaboração deles não conseguiria alcançar os objetivos desejados.

À Vera, Marta e Rui, pela permissão de utilizar as suas casas para executar alguns dos ensaios.

À minha grande família, pelo apoio que sempre demonstraram e especialmente por suportarem a minha ausência para realizar no tempo necessário este trabalho.

RESUMO

Palavras-chave: Termografia – radiação IV – termograma – temperatura – anomalia

A civilização contemporânea, pelas suas características, é muito exigente em tudo o que diz respeito ao conforto dos edifícios, para trabalho ou habitação, e à necessidade de economizar e racionalizar o uso de energia. A térmica dos edifícios assume, por isso, uma importância acrescida na atividade profissional e no ensino. Para se conduzir ao aperfeiçoamento de soluções na envolvente dos edifícios a este nível, o trabalho aqui realizado centrou-se no estudo do funcionamento da termografia de infravermelhos e da importância da sua utilização na inspeção térmica de edifícios. Descoberta no início do século XIX e desenvolvendo os primeiros sistemas operativos desde a 1ª Guerra Mundial, a fim de determinar heterogeneidades de temperatura superficial, esta técnica não destrutiva permite identificar anomalias que não são visualizadas a olho nu. Com a análise dessas variações de temperatura é possível conhecer os problemas e a localização de irregularidades.

Este trabalho baseia-se substancialmente no estudo de edifícios. A análise realizada teve como finalidade executar inspeções termográficas – visuais, com duas abordagens. Por um lado, avaliar salas pertencentes a estabelecimentos de ensino secundário, reabilitadas e não reabilitadas, todas construídas entre as décadas de 60 e 90, com o intuito de diagnosticar patologias construtivas, recorrendo à termografia. Por outro, a análise de edifícios de habitação, com a intenção de avaliar a necessidade de um equipamento complementar às inspeções termográficas – o sistema de porta ventiladora. As inspeções foram regidas pelas diretrizes da norma europeia EN 13187.

A termografia é uma técnica importante na realização de ensaios *in situ* que requerem rapidez de execução, aliada à vantagem de disponibilizar resultados em tempo real, permitindo assim uma primeira análise das leituras no local.

A inspeção termográfica complementada com o sistema de porta ventiladora permitiu, também, revelar a importância da necessidade de meios auxiliares em certos casos. A conjugação destas diferentes técnicas permite reduzir a subjetividade da análise *in situ* e aumentar a fiabilidade do diagnóstico.

ABSTRACT

Keywords: Thermography – IR radiation – thermogram – temperature – anomaly

Modern civilization, by its characteristics, is very demanding in everything related to comfort in building, either for housing or working, and in the need of energy saving and rationalizing. Thermal performance in buildings has had an increasing importance in professional activity and its instruction. In order to improve solutions in the building's envelope at this level, the study that has been made focused on how infrared thermography works and in the importance of its use in building's thermal inspection. Discovered in the early 19th century and having the first operating systems since the first world war, with the objective of determining the heterogeneities in superficial temperature, this non-destructive technic allows the identification of anomalies that are not noticed with naked eye. With the analysis of these temperature variations, it is possible to cognize the problems and the location of irregularities.

This study is substantially based on buildings. The analysis that was made had the objective of executing thermal-visual inspections, with two approaches. On one hand, evaluating rooms that belong to highschool buildings, rehabilitated and non-rehabilitated, all constructed between the decades of 60 and 90, with the objective of diagnosing constructive pathologies, relying on thermography. On the other hand, the analysis of residential buildings, aiming to evaluate the necessity of a complementary equipment to thermographic inspections - The blower door test. The inspections were made after EN 13187.

Thermographic inspection complemented with the blower door test allowed the revealing of the need of auxiliary means in certain cases. The combination of these different techniques allows the reduction of the subjectivity in the in situ analysis, increasing the diagnosis' reliability.

ÍNDICE

1. Introdução.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Estrutura do trabalho.....	1
2. Estado da arte.....	3
2.1. Radiação	3
2.1.1. Espectro eletromagnético.....	3
2.1.2. Corpo negro	5
2.1.3. Radiação infravermelha (IV)	10
2.1.4. Fatores que influenciam a radiação IV	11
2.2. Noções sobre ar húmido: Psicometria.....	18
2.2.1. Humidade relativa.....	18
2.2.2. Ponto de orvalho	18
2.2.3. Cartas psicométricas	19
2.3. Aplicações da termografia	22
2.3.1. Aplicações.....	22
2.3.2. Aplicação em edifícios.....	25
2.3.3. Vantagens e desvantagens da termografia aplicada em edifícios	28
2.4. Procedimentos termográficos e regulamentação aplicável	29
2.4.1. Termografia ativa e passiva	29
2.4.2. Porta ventiladora	31
2.4.3. Termografia qualitativa e quantitativa	33
2.4.4. Normalização	34
3. Experimental	37
3.1. Material	37
3.2. Equipamentos utilizados	38
3.3. Metodologia.....	41
4. Resultados	43
4.1. Procedimentos.....	43
4.2. Caso 1.....	44
4.3. Caso 2.....	60
5. Conclusões.....	65
5.1. Síntese crítica dos resultados	65
5.2. Conclusões finais e desenvolvimentos futuros.....	66

Bibliografia	69
Anexo I – Ficha de inspeção (tipo)	75
Anexo II – Relatórios do Estudo 1	81
Anexo III – Relatórios do Estudo 2.....	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Onda eletromagnética (Faria, 2011)	3
Figura 2 – Comprimento de onda e frequência de radiações eletromagnéticas (Rodrigues, 2009)	4
Figura 3 – Radiação térmica em função do comprimento de onda para várias gamas de temperatura (Rodrigues, 2009)	4
Figura 4 – Balanço da energia radiante para um corpo real (Sousa, 2010).....	5
Figura 5 – Emitância espectral do corpo negro segundo a Lei de Planck. (Gaussorgues, 1999)	8
Figura 6 – Curvas de Planck.(Gaussorgues, 1999)	9
Figura 7 – Emitância espectral total do corpo negro. No eixo das abcissas encontram-se assinalados os comprimentos de onda e das ordenadas a emitância espectral do corpo negro (Gaussorgues, 1999).....	10
Figura 8 – Diferença entre: a) imagem de infravermelhos termicamente desajustada e b) imagem de infravermelhos termicamente ajustada (FLIR, 2008)	11
Figura 9 – Variação da emissividade (eixo das ordenadas) com o ângulo de observação (eixo das abcissas - graus) para a maioria dos materiais (Holst, 2000)	12
Figura 10 – Medição da temperatura aparente da folha de alumínio (FLIR, 2008).....	13
Figura 11 – Representação do que acontece quando é retirado um objeto de imediato. O quadro, em a), tem o mesmo tamanho da área fria entre os perfis da parede, em b), parecendo existir algum defeito na parede (FLIR, 2011).....	14
Figura 12 – O efeito dos materiais, vidro e chapa, nas reflexões na fachada, apresentadas no termograma..	14
Figura 13 – Ângulo de visão recomendado (verde) e evitado (vermelho) durante as inspeções termográficas (FLIR, 2011).....	15
Figura 14 – Comportamento térmico numa parede contendo elementos de madeira. 1 – Parede estucada 2 – Calor incidente 3 – Material de enchimento 4 – Elemento de madeira 5 – Calor reemitido (OZ, s.d.).....	15
Figura 15 – Correção dos fatores de atenuação atmosférica (1) em função da distância (m) de uma câmara termográfica ao objeto (2) que opera na banda dos 3 a 5,6 μm (Hart, 1991)	16
Figura 16 – Redução da temperatura em função da velocidade do vento (Hart, 1991).....	16
Figura 17 – Imagem IV apresenta reflexões numa parede exterior provocadas pela exposição solar. O efeito exibido corresponde ao sombreamento das árvores	17
Figura 18 – Efeitos de refrigeração do ar (Coleman, 2006)	19
Figura 19 – Carta psicométrica simples (Rodrigues, 2009)	20
Figura 20 – Risco de ocorrência de condensações superficiais (Abrantes, 1993).....	21
Figura 21 – Na termografia procuram-se essencialmente as assimetrias: em condições normais, a distribuição de cores dos dois membros do cavalo seriam idênticas (Pereira, 1999)	23
Figura 22 – Termograma de um equipamento elétrico interior com temperatura excessiva (FLIR, 2008).....	23
Figura 23 – a) Termograma identificando uma estrutura oculta de uma abertura (fechada entretanto) na abóbada; b) Fotografia correspondente à área referida no termograma (a tracejado) (Faria, 2011).....	25
Figura 24 – Ausência de isolamento: a) Teto com laje de vigotas; b) Parede de alvenaria.....	26
Figura 25 – Detecção de fugas de ar no vão envidraçado: a) termograma de uma janela sem auxílio do equipamento mecânico; b) termograma de uma janela com auxílio do equipamento mecânico	26
Figura 26 – Exemplo de <i>Lock-in Thermography</i> (Ibarra-Castanedo, s.d.)	30
Figura 27 – Exemplo de <i>Pulsed Thermography</i> (Ibarra-Castanedo, s.d.).....	30

Figura 28 – Diferença de termogramas do mesmo elemento, respetivamente, sem e com auxílio do sistema de porta ventiladora: a) Perímetro do vão envidraçado; b) Parte superior do vão envidraçado; c) Perímetro da claraboia	31
Figura 29 – Equipamento da porta ventiladora: a) ventilador calibrado com círculos e aros adaptáveis; b) sistema completo: painel com tela ajustável, ventilador e manómetro (Inspectortools, 2013)	32
Figura 30 – Imagens IV ilustrando a deteção de infiltrações de ar no perímetro de vãos envidraçados utilizando o sistema de porta ventiladora	32
Figura 31 – O alarme de humidade relativa do ar alerta para as áreas com risco de condensação. Nesta imagem, a área em risco é indicada a cor verde: a) termograma da parte inferior do vão envidraçado; b) imagem digital correspondente ao termograma.....	38
Figura 32 – O alarme de isolamento, indicado a cor azul, dispara quando o nível de isolamento for inferior a um valor pré-ajustado da infiltração de energia através da parede, detetando deficiências de isolamento na construção: a) termograma do canto superior da parede exterior; b) imagem digital correspondente ao termograma.....	39
Figura 33 – Visão térmica exterior de janelas: a) ajustada automaticamente e b) manualmente. A extensão de auto ajustamento de a) é muito grande; b) mostra a fuga de calor praticamente invisível na imagem auto ajustada (FLIR, 2011)	39
Figura 34 – Tipos de fusão que o equipamento proporciona (FLIR, 2008).....	40
Figura 35 – Imagem termográfica representada em diferentes paletas de cores: a) Cinza; b) Arco-íris; c) Ferro. O termograma central é o que melhor apresenta as lacunas de gesso no piso superior (Ricca, s.d.) ...	44
Figura 36 – Corte exemplificativo dos elementos estudados dos edifícios escolares.....	44
Figura 37 – Corte ilustrativo da parede exterior da escola 6-ESGO	51
Figura 38 – Gráfico de variação da temperatura ao longo do perfil Li1 e Li2.....	52
Figura 39 – Pormenor da planta da parede exterior da 7-ESSR.....	56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de emissividade, reflexão e transmissão para determinados materiais	6
Tabela 2 – Emissividade de variados materiais	13
Tabela 3 – Listagem de alguma legislação regulamentar (Faria, 2011), (IACT, 2013)	35
Tabela 4 – Abreviaturas das Escolas	37
Tabela 5 – Abreviaturas das Frações	38
Tabela 6 – Temperatura ambiente, humidade relativa e temperatura superficial do ponto de orvalho durante cada ensaio	45
Tabela 7 – Observação dos envidraçados – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – triângulo (Δ) azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	47
Tabela 8 – Observação dos cantos inferiores de paredes exteriores – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	49
Tabela 9 – Observação do pavimento térreo – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	50
Tabela 10 – Observação da parte inferior da fachada (exterior) – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	53
Tabela 11 – Observação das pontes térmicas lineares (fachada) – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	55
Tabela 12 – Observação das pontes térmicas planas (fachada) – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	57
Tabela 13 – Particularidades da escola 7-ESSR – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelha (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4	59
Tabela 14 – Observação da parte superior do vão envidraçado – termograma (IV) com e sem auxílio do ensaio de porta ventiladora (PV), gráfico de variação de temperatura do perfil assinalado no termograma (entre o Δ azul e vermelho) e respetiva variação de temperaturas (ΔT), ver abreviaturas na Tabela 5	61
Tabela 15 – Observação do perímetro dos vãos envidraçados – termograma (IV) com e sem auxílio do ensaio de porta ventiladora (PV), gráfico de variação de temperatura do perfil assinalado no termograma (entre o Δ azul e vermelha) e respetiva variação de temperaturas (ΔT), ver abreviaturas na Tabela 5	63
Tabela 16 – Particularidades de algumas casas – termograma (IV) com e sem auxílio do ensaio de porta ventiladora (PV), gráfico de variação de temperatura do perfil assinalado no termograma (entre o Δ azul e vermelha) e respetiva variação de temperaturas (ΔT), ver abreviaturas na Tabela 5	64

SIMBOLOGIA

Símbolo	Designação	Unidades
c	Velocidade da luz	m.s ⁻¹
f	Frequência	Hz
h	Constante de Planck	J.s
$h_{\text{fração}}$	Altura da fração ao solo	m
HR	Humidade Relativa	%
IV	Infravermelho	-
K	Constante de Boltzmann	J.K ⁻¹
$\frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda}$	Emitância espectral	W.m ⁻³
R _{si}	Resistência térmica superficial interior	m ² . °C/W
R _t	Emitância espectral total do corpo negro	W.m ²
T	Temperatura	°C; K; F
T _i /θ _i	Temperatura interior	°C
T _e	Temperatura exterior	°C
T _{max}	Temperatura superficial máxima	°C
T _{min}	Temperatura superficial mínima	°C
T _{po}	Temperatura superficial de ponto de orvalho	°C
U	Coeficiente de transmissão térmica superficial	W/m ² . °C
α	Absorção espectral	-
ΔT	Diferença de temperatura superficial	°C
ε	Emissividade espectral	-
λ	Comprimento de onda	μm
θ _{atm}	Temperatura do ambiente exterior	°C
θ _{po}	Temperatura de ponto de orvalho	°C
θ _{si}	Temperatura superficial interior	°C
ρ	Reflexão espectral	-
σ	Constante de Stefan-Boltzman	W.m ² .K ⁴
τ	Transmissão espectral	-

1. Introdução

1.1. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi estudar de que modo a termografia poderá contribuir para identificar e caracterizar aspetos da envolvente dos edifícios, a partir da análise de padrões de distribuição da temperatura superficiais. O princípio de funcionamento da termografia, os procedimentos a seguir durante uma visita em obra (com elaboração de uma ficha de inspeção) e análise e diagnóstico das imagens, aplicados em doze casos reais, foram os modos eleitos para atingir o objetivo principal.

Nas primeiras oito inspeções ter-se-á como propósito o estudo de uma sala de cada um dos edifícios escolares escolhidos, com o intuito de diagnosticar patologias construtivas, nomeadamente:

- Elementos construtivos com isolamento térmico insuficiente;
- Identificação de zonas de pontes térmicas planas ou lineares nos elementos construtivos em contacto com o ambiente exterior;
- Heterogeneidade em paredes, pavimentos e coberturas, possibilitando a identificação de humidades;
- Averiguação da existência de infiltrações de ar.

O segundo objetivo foi testar em quatro habitações um equipamento auxiliar para as inspeções termográficas. Estudada a mais-valia do equipamento complementar na deteção de patologias, que apenas com a câmara termográfica não seria possível identificar, verificar-se-á se o ensaio da porta ventiladora é ou não imprescindível para as inspeções. Para averiguar a utilidade da porta ventiladora neste campo, foi feita uma parceria com o uso simultâneo dos dois equipamentos.

1.2. Estrutura do trabalho

No capítulo 2, apresenta-se o estado da arte, onde são descritos os princípios fundamentais da Termografia necessários à compreensão do tema e os fatores que influenciam o processo de medição termográfico. Ao longo deste capítulo, é feita uma breve referência histórica do uso da termografia como também à sua aplicação em diversas áreas, para além da Engenharia Civil. Referência aos procedimentos e à regulamentação existente são também apresentadas.

No capítulo 3, dão-se a conhecer os casos em estudo relativamente à aplicação da termografia no diagnóstico de edifícios. Neste capítulo, é feita ainda a descrição da câmara termográfica usada para as inspeções, como de outros materiais indispensáveis para o efeito.

Com a informação recolhida nos ensaios, são comentados os resultados e retiradas as conclusões parcelares e gerais do trabalho.

Em anexo, encontram-se a ficha de inspeção tipo e os relatórios dos casos em estudo.

2. Estado da arte

2.1. Radiação

Sempre que existe uma variação de temperatura num determinado meio, ocorre uma transferência de calor. Esta energia térmica pode ser transferida através da condução, convecção ou radiação.

A radiação é a transmissão de energia sob a forma de ondas eletromagnéticas, onde a energia se propaga até no vazio e o único modo de transferência de calor que não necessita de qualquer suporte material de transporte.

As ondas eletromagnéticas são uma forma de energia que se propaga através do espaço com perturbações vibratórias elétricas e magnéticas. São definidas pela frequência da sua oscilação (f) e movem-se a velocidade constante. Como está representada na Figura 1, a distância entre dois picos consecutivos da onda designa-se por comprimento de onda (λ) e é numericamente igual à divisão da velocidade pela frequência (Barreira, 2004).

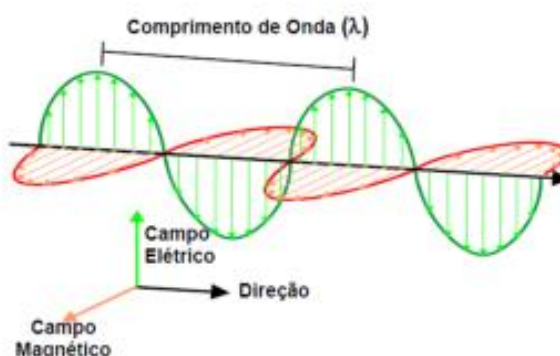


Figura 1 – Onda eletromagnética (Faria, 2011)

2.1.1. Espectro eletromagnético

A energia de um objeto é limitada por diferentes níveis no espectro eletromagnético. Este espectro divide-se em diferentes faixas espectrais, designadas por bandas. Não existe diferença entre a radiação nas variadas bandas do espectro eletromagnético, todas se gerem pelas mesmas leis e as únicas diferenças devem-se aos comprimentos de onda, que vão desde os mais curtos (gama, raio-X e ultravioleta), até aos mais longos (infravermelho, micro-ondas e ondas radioelétricas).

A termografia utiliza a banda espectral do infravermelho. Visualizado na Figura 2, esta região compreende uma gama de valores que variam entre os 0,70 e os 1000 μm . Todo o material que possui uma temperatura acima de zero absoluto ($-273\text{ }^{\circ}\text{C}$, 0 K) emite radiação infravermelha.

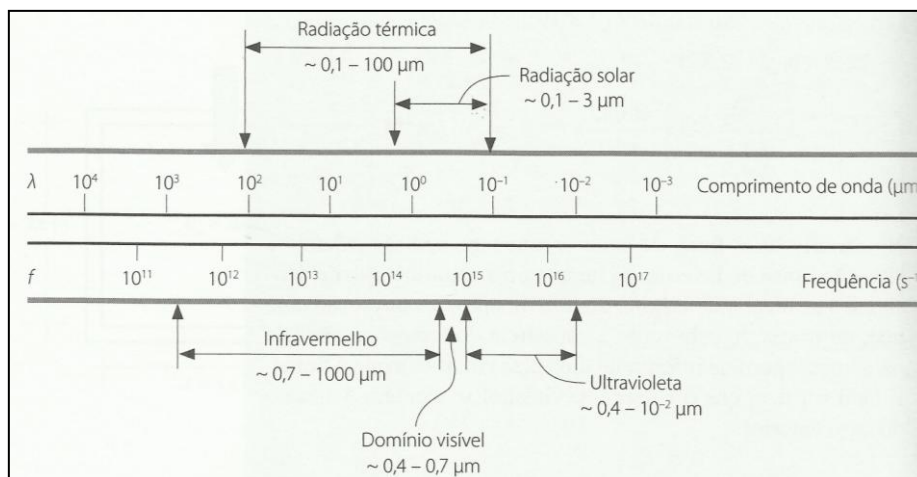


Figura 2 – Comprimento de onda e frequência de radiações eletromagnéticas (Rodrigues, 2009)

A evolução das curvas representadas na Figura 3 – designadas por curvas de distribuição espectral da radiação – permite concluir que:

- Seja qual for o comprimento de onda, a quantidade de radiação emitida aumenta com a temperatura;
- Quanto maiores forem as temperaturas, menores são os comprimentos de onda onde se concentram os maiores valores de radiação;
- Enquanto que a temperaturas muito elevadas, como sucede com o sol, a radiação emitida pode intersectar a região do visível do espetro (na Figura 3 a cor escura), a radiação emitida a baixa temperatura é totalmente invisível para toda a gama de comprimento de onda (como é o caso da radiação emitida pelo corpo humano) (Rodrigues, 2009).

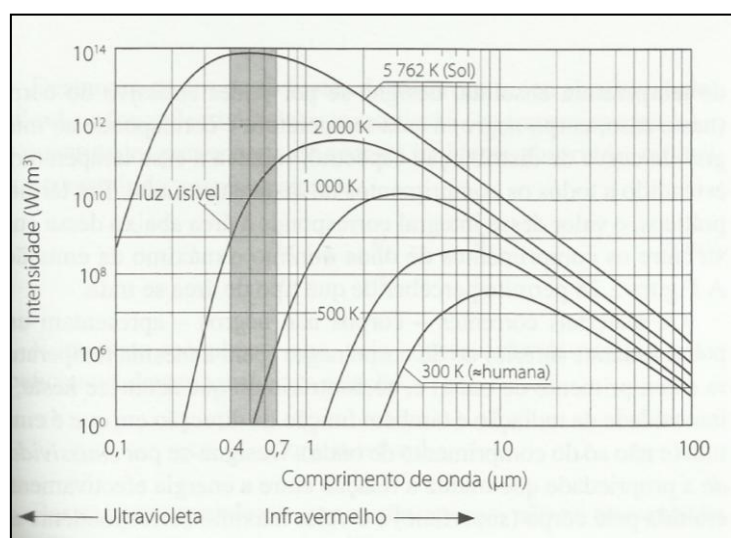


Figura 3 – Radiação térmica em função do comprimento de onda para várias gamas de temperatura (Rodrigues, 2009)

2.1.2. Corpo negro

A evolução do estudo das características radiantes obriga a esclarecer determinados conceitos como é o caso do corpo negro. Este caracteriza-se por absorver toda a radiação em si incidente, independentemente da direção ou do comprimento de onda, e por emitir com igual intensidade em todas as direções. Assim, a radiação emitida por um corpo negro dependerá apenas da temperatura. Não existe na natureza um outro corpo com as suas características. Um exemplo muito utilizado sobre a forma de criar um corpo negro é o da exposição de uma caixa impermeável à luz, com uma abertura num dos lados. Qualquer radiação que entre pelo orifício é dispersa e absorvida por reflexões repetidas e, assim, apenas uma fração infinitesimal pode escapar (FLIR, 2008).

A radiação incidente sobre uma superfície é totalmente transmitida, refletida ou absorvida. Enquanto que num corpo negro tanto a reflexão como a transmissão são nulas, já num corpo real uma fração pode absorver (α), transmitir (τ) e/ou refletir (ρ) a radiação incidente, como se verifica num possível exemplo na Figura 4. Estes três processos evitam que o corpo real se comporte como um corpo negro.



Figura 4 – Balanço da energia radiante para um corpo real (Sousa, 2010)

- A absorção espectral (α) é a relação da energia radiante espectral absorvida por um objeto com a que incide sobre si.
- A reflexão espectral (ρ) é a relação da energia radiante espectral refletida por um objeto com a que incide sobre si.
- A transmissão espectral (τ) é a relação da energia radiante espectral transmitida por um objeto com a que incide sobre si (FLIR, 2008).

Estes três fatores são dependentes do comprimento de onda. No entanto, para um dado comprimento de onda a sua soma é sempre igual à unidade:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1 \quad (1)$$

Para que se verifique o equilíbrio do sistema, a energia absorvida pelo corpo tem que ser compensada pela energia que emite. O parâmetro que caracteriza a energia emitida pelo corpo designa-se por emissividade espectral (ε) e é igual ou inferior à unidade (Barreira, 2004).

O físico alemão Gustav Robert Kirchhoff relacionou duas características muito importantes nos materiais: a emissividade e a absorção espectral. A lei de Kirchhoff, expressa que o valor da emissividade de um corpo deve ser numericamente igual ao valor do seu coeficiente de absorção, num determinado comprimento de onda, isto é:

$$\varepsilon = \alpha \quad (2)$$

Desta forma:

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1 \quad (3)$$

Existem, portanto, valores próprios para estes coeficientes, em determinados corpos específicos, conforme a Tabela 1 exemplifica:

Tabela 1 – Valores de emissividade, reflexão e transmissão para determinados materiais			
Corpo	Emissividade (ε_λ)	Reflexão (ρ_λ)	Transmissão (τ_λ)
Negro	1	0	0
Transparente	0	0	1
Espelho perfeito	0	1	0
Opaco (real)	$\varepsilon + \rho = 1$		0
Cinzento	Constante <1	Constante	0

Seguidamente, apresentam-se as **leis que descrevem a radiação emitida por um corpo negro**.

- Lei de Planck

Max Planck (1858-1947), físico alemão, descreveu a radiação emitida por um corpo negro:

$$\frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda} = \frac{2\pi hc^2 \lambda^{-5}}{\left(\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1\right)} \quad (4)$$

Em que:

$\frac{dR(\lambda, T)}{d\lambda}$	$[W.m^{-3}]$	Emitância espectral, ou seja, poder radiado por unidade de superfície do corpo negro e por comprimento de onda;
$h = 6,626176.10^{-34}$	[J.s]	Constante de Planck;
$k = 1,380662.10^{-23}$	[J.K ⁻¹]	Constante de Boltzmann;
$c = 2,998.10^8$	[m.s ⁻¹]	Velocidade da luz;
T	[K]	Temperatura de um corpo negro.

A fórmula de Plank, quando representada graficamente para várias temperaturas, produz uma família de curvas, idêntica à Figura 5. Em cada curva, a radiância espectral é nula para um $\lambda=0$, aumenta para uma máxima, reduzindo-se novamente a comprimentos de onda maiores. No eixo das ordenadas, está representada a emitância espectral do corpo negro ($\times 10^6 W.m^{-3}$), nas abcissas, o comprimento de onda, λ (μm).

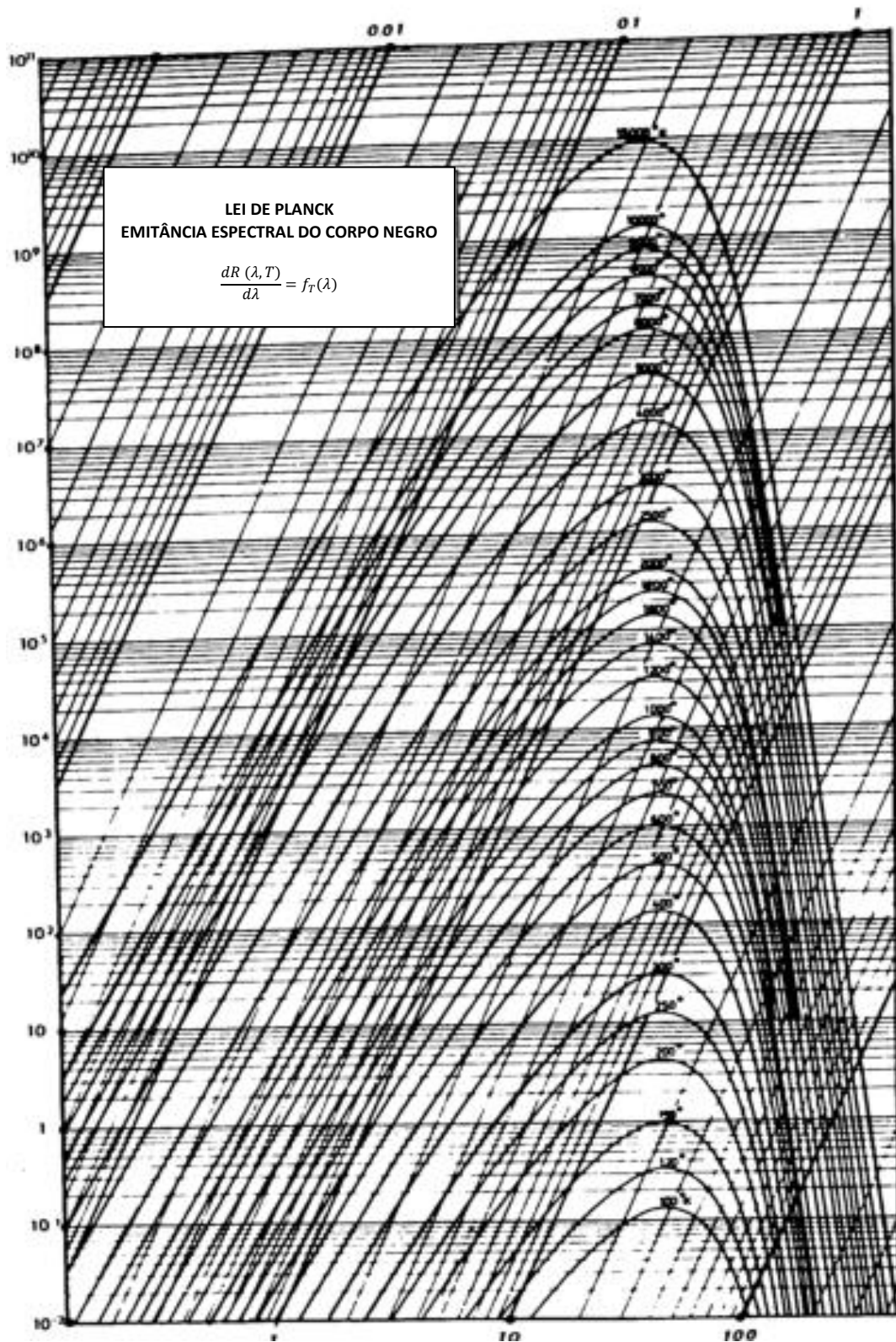


Figura 5 – Emitância espectral do corpo negro segundo a Lei de Planck. (Gaussorgues, 1999)

- Lei do deslocamento de Wien

A curva de distribuição espectral $\frac{dR(\lambda,T)}{d\lambda}$, alcançada para um valor de temperatura T, passa por um máximo. O deslocamento desse máximo em função da temperatura é descrito pela lei de Wien (da autoria do físico alemão Wilhelm Wien, 1864-1928), obtida por derivação da lei de Planck:

$$\lambda_{m\acute{a}x} = \frac{2898}{T} \quad [\mu m] \quad (5)$$

$$\frac{dR(\lambda_m,T)}{d\lambda} = 1,286 \cdot 10^{-5} \cdot T^5 \quad [W \cdot m^{-3}] \quad (T \text{ em graus Kelvin}) \quad (6)$$

A lei de Wien explica que, para pequenos comprimentos de onda, o poder emissivo é maior quanto mais quente o corpo estiver. Na Figura 6, os pontos de cruzamento representam o lugar geométrico da emitância máxima a cada temperatura, conforme a Lei de Wien. No eixo das abcissas, visualizam-se os comprimentos de onda, das ordenadas a emitância espectral do corpo negro.

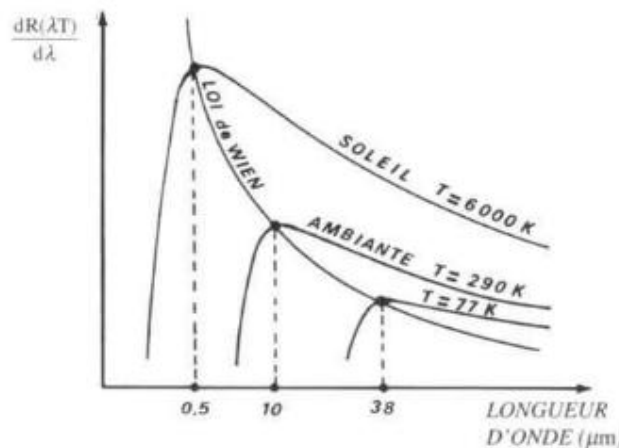


Figura 6 – Curvas de Planck.(Gaussorgues, 1999)

- Lei de Stefan-Boltzmann

Por integração da lei de Planck, de $\lambda=0$ a $\lambda=\infty$, os físicos Joseph Stefan e Ludwig Boltzmann demonstraram que a energia total emitida por um corpo negro estaria relacionada com a sua temperatura absoluta pela expressão:

$$R_t = \sigma T^4 \quad (7)$$

Em que:

R_t	$[W \cdot m^2]$	Emitância espectral total do corpo negro;
$\sigma = \frac{2 \cdot \pi^5 \cdot k^4}{15 \cdot c^2 \cdot h^3} = 5,67 \times 10^{-8}$	$[W \cdot m^2 \cdot K^4]$	Constante de Stefan-Boltzman;
T	[K]	Temperatura absoluta do corpo negro.

Graficamente, R_t é representada na Figura 7 pela área abaixo da curva de Planck:

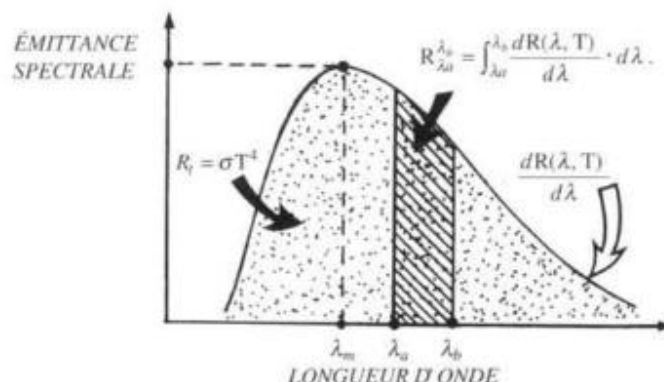


Figura 7 – Emitância espectral total do corpo negro. No eixo das abcissas encontram-se assinalados os comprimentos de onda e das ordenadas a emitância espectral do corpo negro (Gaussorgues, 1999)

2.1.3. Radiação infravermelha (IV)

A radiação IV foi descoberta pelo astrónomo alemão, Frederick William Herschel, em 1800. Naturalizado inglês, o astrónomo real do Rei Jorge III da Inglaterra, e já famoso pela descoberta do planeta Urano para verificar a sua suposição de que às diferentes cores que constituíam a luz branca correspondiam diferentes níveis de calor, Herschel fez passar a luz solar através de um prisma de vidro, projetando num alvo um espectro contínuo de radiações com comprimentos de onda compreendidos entre o vermelho e o violeta. Ao fazer a medição da temperatura em cada cor projetada no alvo constatou que a temperatura aumentava desde o violeta até ao vermelho e que a temperatura medida no alvo imediatamente a seguir à cor vermelha do espectro, numa zona sem luz solar aparente, era ainda mais elevada. Concluiu, então, que as radiações que se situavam para além da luz vermelha, invisíveis ao olho humano, eram responsáveis pelo aquecimento dos objetos, os designados raios infravermelhos.

A primeira “imagem de calor” tornou-se possível em 1840, devido ao trabalho do também astrónomo John Frederick William Herschel, filho de William Herschel. Com base na evaporação diferencial de uma fina película de óleo, quando exposta a um padrão de calor, a imagem térmica pode ser vista por luz refletida onde os efeitos da interferência da película de óleo possibilitam que a imagem seja visível ao olho humano. John Herschel também conseguiu obter um registo primitivo da imagem térmica em papel, designando-a por “termógrafo”.

O primeiro sistema operativo, no sentido moderno, começou a ser desenvolvidos durante a 1ª Guerra Mundial (1914-18), quando as partes em conflito dispunham de programas de investigação dedicados à exploração militar do infravermelho. Estes programas incluíam sistemas experimentais de deteção de presença do inimigo, deteção remota de temperatura, comunicações seguras e orientação de “torpedos aéreos”. No período entre as duas Guerras Mundiais, entretanto, desenvolveu-se, entre outros, um revolucionário detetor de infravermelhos, o conversor de imagem.

Este permitia que um observador visse, literalmente, no escuro, mas tinha a desvantagem da sensibilidade do conversor de imagem ser limitada aos comprimentos de onda do infravermelho próximo, e os alvos militares mais interessantes terem que ser iluminados por raios infravermelhos de busca, envolvendo o risco de denúncia de posição. Após a 2ª Guerra Mundial (1939-45), programas militares secretos estudaram a possibilidade de desenvolverem sistemas, sem feixes de detecção, para o desenvolvimento da tecnologia de formação de imagens infravermelho. Esses dados das pesquisas militares só foram levantados em meados dos anos 50 do século XX e, a partir daí, ficaram à disposição das comunidades industrial e científica civis, possibilitando a criação de novos dispositivos apropriados de formação de imagem térmica (Barreira, 2004), (FLIR, 2008).

2.1.4. Fatores que influenciam a radiação IV

Alguns dos fatores principais que interferem nos resultados dos ensaios termográficos podem ser detetados e eliminados antes do início do ensaio. Se tal não for possível, importa anotar as condições em que o trabalho é desenvolvido, referindo nomeadamente as circunstâncias externas que rodeiam a superfície em estudo e quaisquer outras informações relevantes para uma interpretação o mais correta possível dos resultados. Um exemplo, ilustrado na Figura 8, da interferência de uma boa análise, é o ajustamento da imagem térmica.

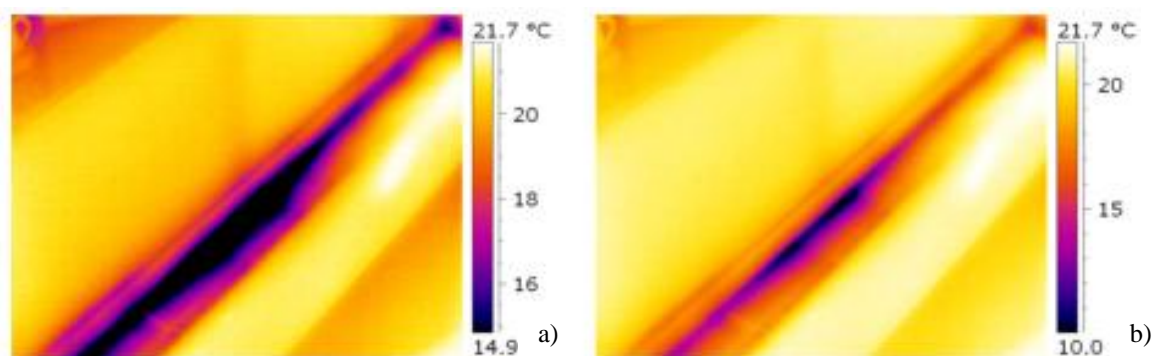


Figura 8 – Diferença entre: a) imagem de infravermelhos termicamente desajustada e b) imagem de infravermelhos termicamente ajustada (FLIR, 2008)

Um dos fatores é a **emissividade**, que depende do comprimento de onda, da direção de observação, em relação à superfície em estudo, e da temperatura de tal superfície.

Em geral, para materiais sólidos, a emissividade espectral não varia significativamente com o comprimento de onda, mas para líquidos e gases as alterações já se apresentam com maior evidência. Para metais, essa emissividade reduz com o comprimento de onda, e para os não-metais, tende a aumentá-la (Gaussorgues, 1999).

A emissividade diminui à medida que aumenta o ângulo de incidência. Quando este excede 45° , a emissividade diminui (aumento da refletividade). A 90° (na horizontal, em linha com o elemento), a emissividade aproxima-se de zero (a refletividade aproxima-se da unidade). Tal como está na Figura 9, um pequeno erro na configuração de teste, em termos de ângulo, pode levar a um grande erro na emissividade. Isto sugere que as medições precisas de temperatura só podem ser feitas quando o ângulo de incidência é menor do que 30° . Quando aumenta para 60° , é introduzido um pequeno erro; caso seja superior a 60° , podem tornar-se graves (Holst, 2000).

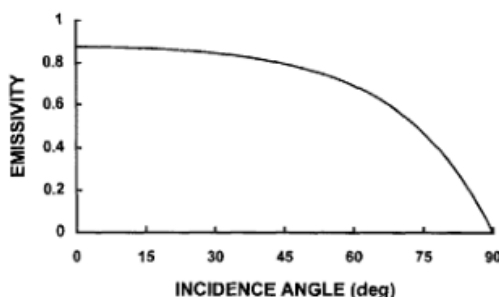


Figura 9 – Variação da emissividade (eixo das ordenadas) com o ângulo de observação (eixo das abcissas - graus) para a maioria dos materiais (Holst, 2000)

A maioria dos materiais utilizados nas construções apresentam uma emissividade constante (cfr. Tabela 1), para uma determinada temperatura, sendo quantificada numa incidência normal à superfície e para todos os comprimentos de onda (Hart, 1991).

A emissividade obtida é denominada de emissividade total, definida como a razão entre a energia total emitida pela superfície com a energia total emitida por um corpo negro, à mesma temperatura. Portanto, os *metais* apresentam valores mais baixos para a emissividade total, que aumenta com a temperatura. A formação de óxido na superfície do metal altera consideravelmente a emissividade. Para os *não-metais*, o valor da emissividade total é maior, normalmente acima de 0,80, mas diminuindo com a temperatura (Gaussorgues, 1999).

Embora se encontrem disponibilizados valores standardizados de emissividade, para resultados mais precisos pode ser necessário conhecer o valor real de emissividade total da superfície em estudo. Nestes casos, importa fazer uso de técnicas de medição para definir com maior rigor o seu valor.

Estes poderão ser os passos principais de uma dessas técnicas de determinação da emissividade:

- Definir a temperatura aparente refletida – parâmetro utilizado para compensar a radiação refletida na amostra a estudar. Usando um dos métodos da sua determinação, começa-se por amarrotar uma folha de alumínio maior que o objeto. De seguida, estica-se a folha, alisando-a o mais possível, e coloca-se sobre um cartão do mesmo tamanho. Situando, então, o cartão em frente ao objeto que se pretende medir e definindo a emissividade para 1,0, determina-se a temperatura aparente da folha de alumínio, como ilustra a Figura 10. Não se poderá esquecer que o lado com a folha de alumínio terá de apontar para a câmara.

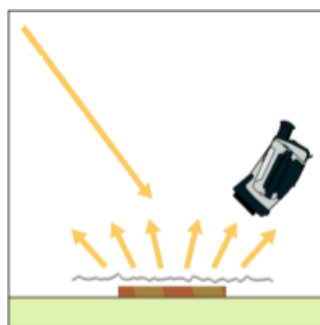


Figura 10 – Medição da temperatura aparente da folha de alumínio (FLIR, 2008)

- Colocar uma fita elétrica com emissividade elevada na amostra.
- Aquecer a amostra uniformemente, no mínimo 20 K acima da temperatura ambiente.
- Depois da focagem e do ajuste automático da câmara, imobiliza-se a imagem e define-se a emissividade (normalmente 0,97).
- Mede-se a temperatura da fita. Com o equipamento direcionado para a superfície da amostra, altera-se a definição da emissividade até a leitura da temperatura ser igual à da medição anterior.

Os valores de emissividade utilizados nos estudos em campos foram retirados do catálogo de emissividades do anexo A (Barreira, 2004). Na Tabela 2, apresenta-se uma secção do referido catálogo com os materiais das soluções encontradas.

Tabela 2 – Emissividade de variados materiais

Material	Emissividade
Betão cinzento	0,63
Estuque	0,91
Gesso cartonado	0,90
Madeira	0,91
Reboco branco	0,91
Tinta branca	0,91
Tinta vermelha	0,91
Tinta verde	0,92
Tinta plástica	0,92

A **reflexão** dos materiais é outro elemento a ter em conta, que pode condicionar a correta análise dos resultados, se não for identificada. Estantes, armários e quadros na parede podem alterar o padrão térmico, visto que têm um efeito isolante. Reparando na Figura 11, nota-se que o quadro, ao ser retirado da parede, deixou a área que ocupava sinalizada, aparecendo no termograma como uma zona mais fria, o que pode levar à confusão no diagnóstico da parede, que sugere um defeito. Por essa razão, é aconselhável remover objetos da parede pelo menos 6 horas antes da inspeção (FLIR, 2011).

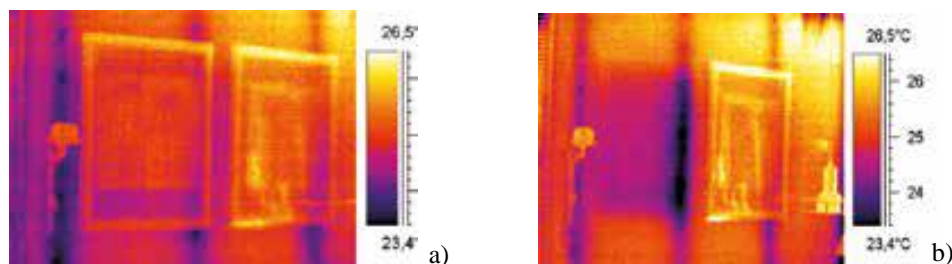


Figura 11 – Representação do que acontece quando é retirado um objeto de imediato. O quadro, em a), tem o mesmo tamanho da área fria entre os perfis da parede, em b), parecendo existir algum defeito na parede (FLIR, 2011)

A mudança do ângulo de visão para minimizar as reflexões sobre a imagem, é uma forma ultrapassar ou eliminar o problema da fonte emissora. A reflexão pode ser do calor da própria câmara e do utilizador, ou de alguma outra fonte de calor circundante, como lâmpadas ou luz solar (Figura 12). As reflexões, se não forem entendidas, proporcionam dados incorretos na imagem térmica (FLIR, 2011).

Os corpos transparentes ou parcialmente transparentes na gama do infravermelho, como o vidro e alguns plásticos, também podem criar problemas de medição. A imagem obtida resulta da energia emitida e refletida a partir da superfície. A temperatura real da superfície é, assim, diferente da temperatura obtida pelas imagens termográficas (Barreira, 2004).

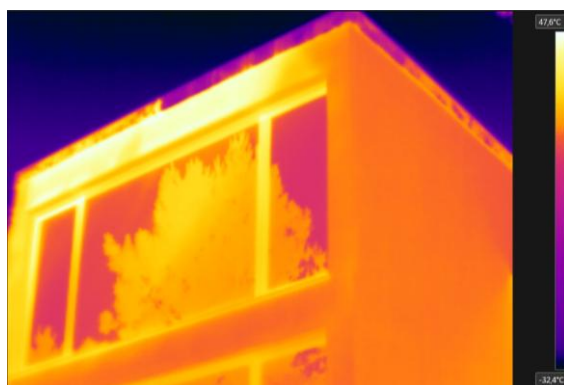


Figura 12 – O efeito dos materiais, vidro e chapa, nas reflexões na fachada, apresentadas no termograma

A fim de evitar a reflexão, o equipamento não deve ser posicionado perpendicularmente ao elemento em estudo. No entanto, a emissividade é mais elevada quando o equipamento está em posição perpendicular, diminuindo à medida que o ângulo aumenta. Desta forma, um ângulo de visão de $5 - 60^\circ$ é um bom compromisso (em que 0° é perpendicular), como ilustra a Figura 13 (FLIR, 2011).



Figura 13 – Ângulo de visão recomendado (verde) e evitado (vermelho) durante as inspeções termográficas (FLIR, 2011)

A imagem térmica de um objeto depende da transferência de calor entre a superfície e a envolvente. Se não existirem fontes externas de calor, a temperatura da superfície de um elemento construtivo resulta da diferença de temperatura entre o interior e exterior e da resistência térmica das diferentes camadas. Daí, a importância de conhecer todas as camadas do elemento em estudo para ser tido em conta durante a análise dos resultados (Barreira, 2004).

Os diversos elementos que constituem as **soluções construtivas** reagem de forma diferente às solicitações térmicas exteriores. Adquirem temperaturas próprias por absorverem e conduzirem o calor de forma diferente em condições térmicas iguais. Assim, o conhecimento da composição do elemento a analisar é um aspeto fundamental a ter em conta na inspeção termográfica. Exemplificando, a Figura 14 esquematiza o comportamento térmico de uma parede composta por elementos de madeira, material que apresenta uma maior reemissão de calor para o exterior em relação à restante parede (OZ, s.d.).

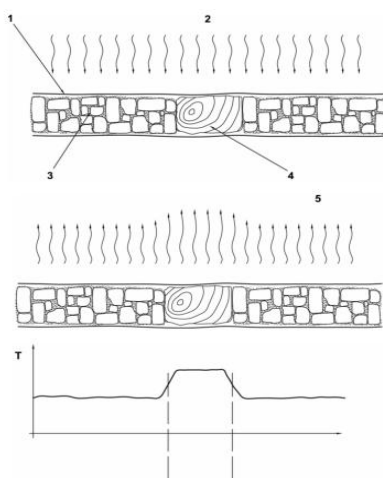


Figura 14 – Comportamento térmico duma parede contendo elementos de madeira. 1 – Parede estucada 2 – Calor incidente 3 – Material de enchimento 4 – Elemento de madeira 5 – Calor reemitido (OZ, s.d.)

Um fator que igualmente pode provocar incorreções na medição é a presença do **campo atmosférico** entre a fonte de emissão e o sensor. Além da atenuação resultante da propagação na atmosfera, as diferenças térmicas e a turbulência podem conduzir à degradação da qualidade da imagem e causar problemas durante a medição. Por estas razões, as medições feitas em distâncias superiores a 10 m devem ser retificadas, como se sugere Figura 15. Também se conclui na ilustração que a **distância** é um parâmetro importante que afeta a imagem térmica, não só porque influencia a atenuação atmosférica, mas ainda porque a resolução dos termogramas diminui com a distância entre a câmara e o objeto (Barreira, 2004).

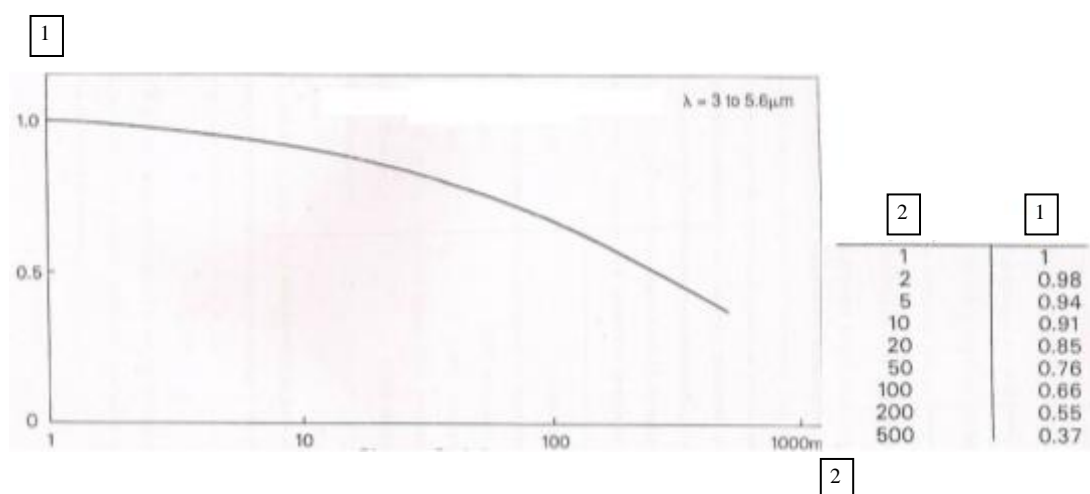


Figura 15 – Correção dos fatores de atenuação atmosférica (1) em função da distância (m) de uma câmara termográfica ao objeto (2) que opera na banda dos 3 a 5,6 μm (Hart, 1991)

De acordo com a Figura 16, a temperatura tende a diminuir com velocidades do vento acima de 1 m/s, afetando a imagem termográfica.

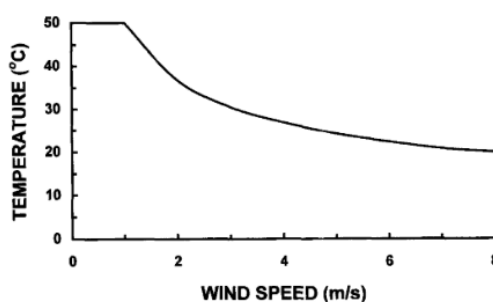


Figura 16 – Redução da temperatura em função da velocidade do vento (Hart, 1991)

Tal como o efeito de chaminé, causador da deslocação do ar no interior de um edifício, ou da diferença de densidade do ar externo e interno, a pressurização ou a despressurização mecânicas, produzidas por dispositivos especiais (ventiladores, exaustores...), distorcem o mapa de distribuição das temperaturas da superfície do elemento de construção. A pressurização amplia os

defeitos quando focalizados do exterior e redu-los quando do interior. No caso de despressurização, a situação é inversa. A diferença de pressão na envolvente é, portanto, bastante relevante na realização de ensaios termográficos. Para um ensaio no interior de um edifício, as correntes de ar devem ser evitadas (Barreira, 2004).

Fruto das **condições climáticas** e/ou das propriedades dos materiais constituintes do elemento em estudo, podem ocorrer condensações superficiais (ver ponto 2.2.3) que levam ao aparecimento de **humidade**, que provoca um arrefecimento por evaporação. Já em céu limpo, a exposição direta das fachadas à **radiação solar** (Figura 17), a não ser tida em conta, provoca uma leitura errónea, visto que não contempla o fluxo real de calor existente. Razão por que os ensaios exteriores são realizados normalmente durante a noite, ou, quando não for possível, após o pôr-do-sol, esperando-se 2 a 6 horas para libertar o calor, conforme o tipo de elemento construtivo.

A existência de fontes de calor perto da área de medição, tais como radiadores, luzes artificiais, veículos e equipamentos em funcionamento podem afetar os resultados, ao contrário das pessoas que, em número reduzido, não constituem problema. Aquelas devem ser, por isso, evitadas/desligadas ou serem tomadas em consideração quando se analisam os resultados.

A existência de **sombras** sobre o edifício, resultante de outros prédios, árvores e outros elementos vizinhos, deve ser tida em conta na análise dos resultados (Figura 17).

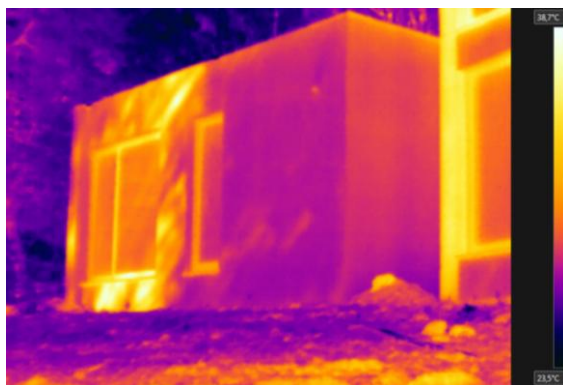


Figura 17 – Imagem IV apresenta reflexões numa parede exterior provocadas pela exposição solar. O efeito exibido corresponde ao sombreamento das árvores

Na marcação dos ensaios, em altura de picos de Verão/Inverno, dever-se-á ter em conta que temperaturas ambientes elevadas ou muito baixas condicionam os resultados.

2.2. Noções sobre ar húmido: Psicometria

A temperatura e a humidade do ar são as variáveis que mais visivelmente afetam o conforto. Daí que se justifique caracterizar com algum rigor o ambiente termohigrométrico que resulta da mistura do ar com o vapor de água, o que pode ser feito recorrendo à teoria da psicometria, que é a ciência que estuda propriedades da mistura ar-vapor de água. O ar é uma mistura mecânica de gases e vapor de água. O ar seco (sem vapor de água) é composto principalmente de nitrogénio (78%) e oxigénio (21%). A quantidade de vapor de água contida no ar varia de acordo com as condições atmosféricas locais, representando cerca de 1 a 3 % da massa daquela mistura (Reyes, 1995), (Rodrigues, 2009).

2.2.1. Humidade relativa

Humidade relativa é a relação entre a pressão real exercida pelo vapor de água, num volume de ar, e a pressão parcial que este faria contido no ar saturado (a quantidade máxima de vapor de água que o volume de ar pode conter) à mesma temperatura e pressão do ar.

Exemplificando, se o ar a 10°C pode abranger um máximo de 8 gramas de vapor de água, mas se na realidade se medir apenas 4 gramas naquele instante, a humidade relativa será de $4/8 \times 100 = 50\%$, ou seja, o ar está 50% saturado, conforme também se pode averiguar na Figura 18 (FUTURENG, 2012), (Reyes, 1995), (Rodrigues, 2009).

2.2.2. Ponto de orvalho

Supondo que o ar é um recipiente que contém uma certa quantidade de água, se esse ar for arrefecido, o recipiente diminui de tamanho e, portanto, a proporção de água contida aumenta com a diminuição do tamanho do recipiente que a contém. Se o ar continuar a arrefecer, o recipiente vai diminuindo até uma dimensão em que fica totalmente cheio de água, isto é, está 100 % cheio; se o ar ainda for mais arrefecido, o recipiente torna-se ainda mais pequeno e a água transborda. Na realidade, isto acontece quando a temperatura do ar arrefece tanto que aquele já não consegue conter mais nenhuma água sob a forma de vapor. Quando isto sucede, o líquido goteja a partir do ar sob a forma de condensação. A temperatura a que a condensação começa, ou seja, a que a humidade relativa atinge os 100 % (ar totalmente saturado) é a temperatura do ponto de orvalho. A Figura 18 ilustra o efeito de refrigeração, contendo a temperatura, vapor de água e humidade relativa de cada situação referida, para uma melhor compreensão (Coleman, 2006), (Reyes, 1995).

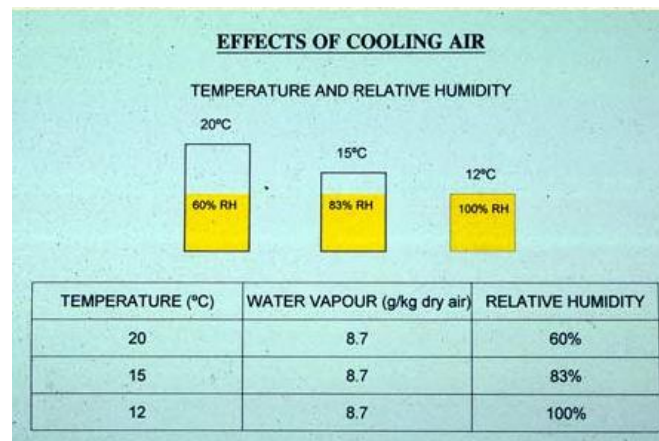


Figura 18 – Efeitos de refrigeração do ar (Coleman, 2006)

2.2.3. Cartas psicométricas

Carta ou diagrama psicométrico define graficamente as relações entre as humidades absoluta e relativa e a temperatura do ar. Permite determinar os valores de todas as grandezas características do ar húmido, bem como as variações que cada uma dessas grandezas acusa em qualquer transformação sofrida pelo ar húmido.

Numa carta psicométrica, como é demonstrado na Figura 19, o eixo das ordenadas, com uma ou mais escalas, é constituído por grandezas características do ar húmido (humidade absoluta, teor de humidade, pressão do vapor de água, ...) e no eixo das abcissas é indicada a temperatura (de bolbo seco). Nesta carta está também normalmente representada uma família de curvas correspondentes a estados do ar húmido com igual humidade relativa. Um ponto marcado na carta psicométrica corresponde, assim, a um dado estado do ar húmido, caracterizado por uma dada temperatura e uma dada humidade relativa (ou uma dada pressão de vapor, humidade absoluta ou outra grandeza (Rodrigues, 2009).

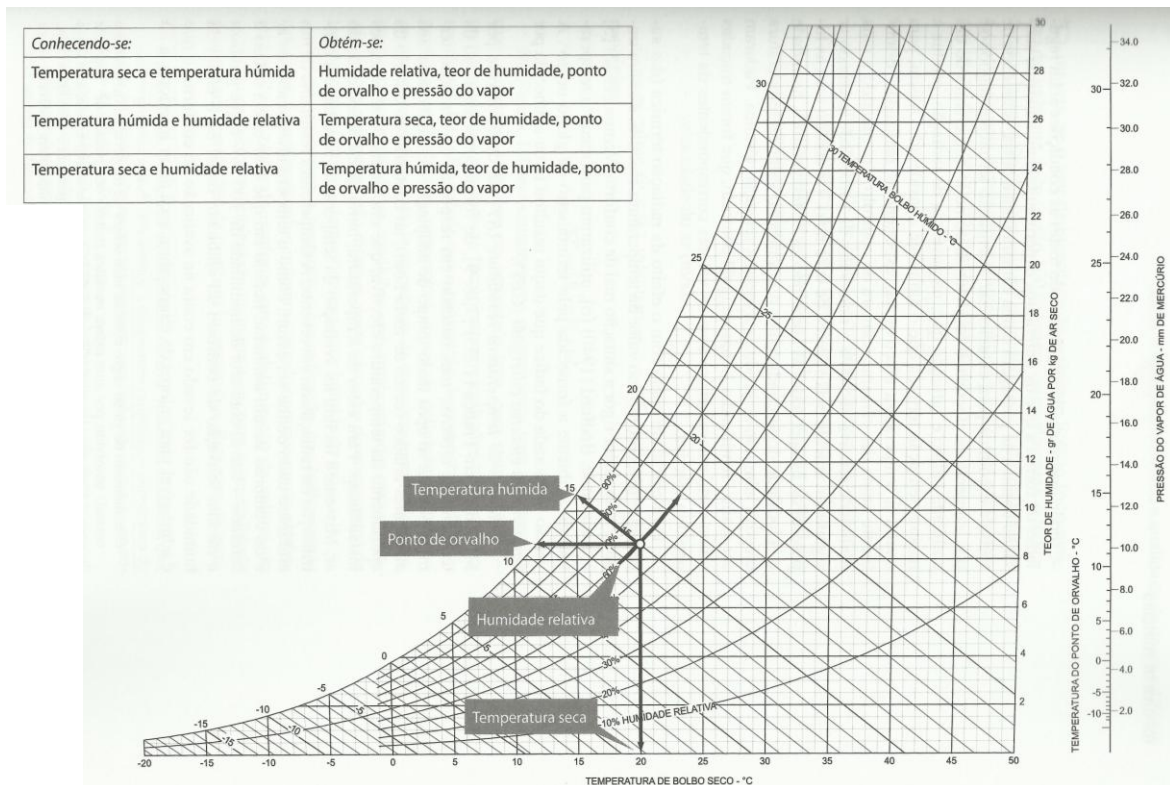


Figura 19 – Carta psicrométrica simples (Rodrigues, 2009)

Sempre que se verifiquem condições em que a temperatura superficial do elemento a analisar seja inferior à temperatura do ponto de orvalho verificar-se-á ocorrência de condensações nessa superfície.

Na envolvente das habitações, o fenómeno das condensações superficiais pode ocorrer quando se verificam uma ou mais das seguintes condições:

- Ausência de aquecimento do ambiente interior ou aquecimento insuficiente e intermitente;
- Deficiente isolamento térmico da envolvente;
- Produção de vapor de água no interior da habitação/compartimento significativa;
- Ventilação insuficiente;
- Inércia hídrica;
- Higroscopicidade (qualidade para absorver a humidade do ar, de forma a estabelecer um equilíbrio com o meio ambiente) inadequada dos revestimentos interiores (Freitas, s.d).

A comparação da temperatura superficial interior (θ_{si}) com a temperatura de ponto do orvalho (θ_{po}) indica a presença, ou não, de condensações superficiais. Se $\theta_{si} \geq \theta_{po}$, não há ocorrência de condensações, caso contrário, se $\theta_{si} < \theta_{po}$, elas existem.

É possível representar esta análise através da anterior Figura 19. Ao conhecer a temperatura interior (T_i) e a humidade relativa (HR) do ar ambiente determina-se o θ_{po} . Deste modo, compara-se com θ_{si} detetado na imagem termográfica e averigua-se a existência de condensações.

Noutro caso, se o diferencial $T_i - \theta_{si}$ for elevado ou se a humidade relativa interior for elevada, há fortes riscos de condensação, como se ilustra na Figura 20 (na figura o $\theta_{si} = \theta_i$).

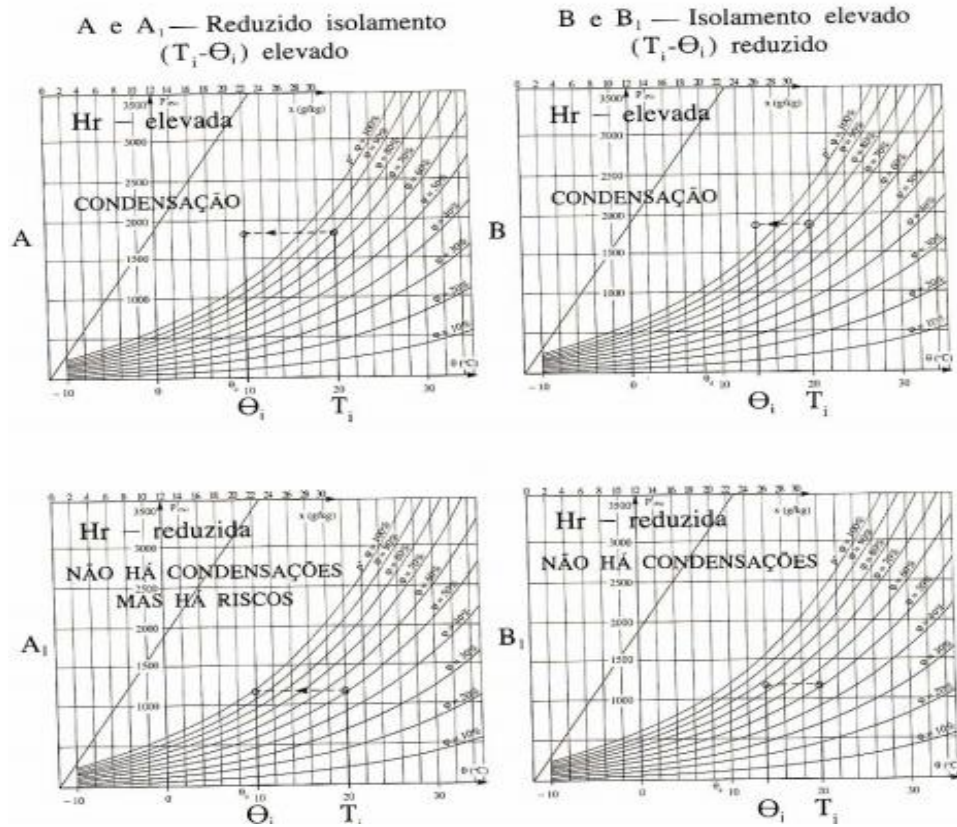


Figura 20 – Risco de ocorrência de condensações superficiais (Abrantes, 1993)

A distribuição de temperaturas superficiais pode ser calculada, de acordo com as temperaturas de projeto, interior e exterior, e com a transmissão térmica dos elementos da envolvente em estudo:

$$\theta_{si} = \theta_i - U \cdot (\theta_i - \theta_{atm}) \cdot R_{si} \quad (8)$$

Em que:

θ_{si}	Temperatura superficial interior [°C];
θ_i	Temperatura interior [°C];
θ_{atm}	Temperatura do ambiente exterior [°C];
U	Coefficiente de transmissão térmica [W/m². °C];
R_{si}	Resistência térmica superficial interior [m². °C/W].

2.3. Aplicações da termografia

A utilização da termografia revela-se eficaz para captar anomalias, sendo a sua função principal inspecionar o elemento construtivo numa fase preliminar do estudo.

A termografia permite detetar anomalias através da manifestação de variações da temperatura superficial. Esta técnica converte a radiação infravermelha emitida pela superfície de um objeto em imagens térmicas visuais, designadas também por termogramas. Para tal, é utilizado um equipamento – câmara termográfica – que capta e regista os padrões de distribuição de temperatura de cada imagem.

2.3.1. Aplicações

A termografia, quando aplicada a um ambiente no **mundo clínico**, deteta padrões térmicos das temperaturas superficiais da pele de um paciente, isentando do uso de radiação ionizante (prejudicial à saúde) ou de outros procedimentos invasivos, portanto sem efeitos secundários no paciente que é objeto de exame.

A termografia clínica é uma tecnologia de imagem fisiológica, que fornece informações sobre o funcionamento normal e anormal. Também possibilita o diagnóstico, como ferramenta auxiliar, para a determinação do local e do grau de irritação, o tipo de desordem funcional, o prognóstico de tratamento, bem como na determinação do tratamento mais eficaz e a avaliação do caso. Põe à disposição ainda outros tipos de informação prática e importante, no campo dermatológico, como a profundidade de queimaduras. Ajuda no diagnóstico do cancro da mama (IACT, 2013), (ITS, 1997).

Aplicada ao estudo dos animais, a termografia fornece aos veterinários e biólogos um meio de diagnóstico sem contacto, reduzindo o *stress* do animal durante o exame, bem como a realização de estudos em populações de animais selvagens de grande porte ou notívagas.

A imagem infravermelha tem muitas virtualidades: pode mostrar uma pequena lesão várias semanas antes de ser visível ou apalpável; identificar um potencial problema semanas antes de sintomas (as inflamações tendem a aumentar a radiação infravermelha); examinar animais de competição assinalando e tratando eventuais problemas. Dentro deste campo, a termografia é aplicada como meio de despistagem de dopagens, em que os animais, por exemplo em competições equestres, estão sujeitos a exames clínicos se a diferença de temperatura nos membros inferiores ultrapassar os 2°C, como ilustra a Figura 21. Uma diferença de 1°C em 25% da área observada é considerada um caso patológico (Barreira, 2004), (Harper, 2010), (Sousa, 2010).

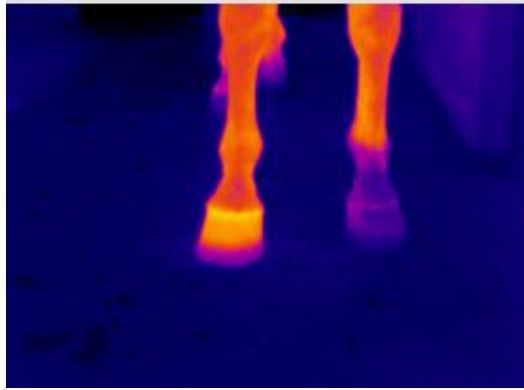


Figura 21 – Na termografia procuram-se essencialmente as assimetrias: em condições normais, a distribuição de cores dos dois membros do cavalo seriam idênticas (Pereira, 1999)

No caso da **astronomia**, têm sido colocados em órbita vários satélites espaciais com telescópios infravermelhos, caso do IRAS – *Infrared Astronomical Satellite*. Pela capacidade da sua radiação infravermelha ter maior comprimento de onda do que a radiação visível, é possível identificar regiões envolvidas por gases e poeiras, que não são captadas de forma visível através dos telescópios óticos (IRAS, 2012), (Sousa, 2010).

No **campo industrial**, também se faz uso da termografia para diagnosticar falhas, incluída no programa de manutenção preventiva.

Na verdade, a técnica termográfica adapta-se a vários papéis na verificação de instalações elétricas, principalmente em três áreas: geração, transmissão e distribuição de energia. Propicia a deteção de sobreaquecimentos (Figura 22), a identificação de defeito ou avaria das peças nos pontos quentes (FLIR, 2008).

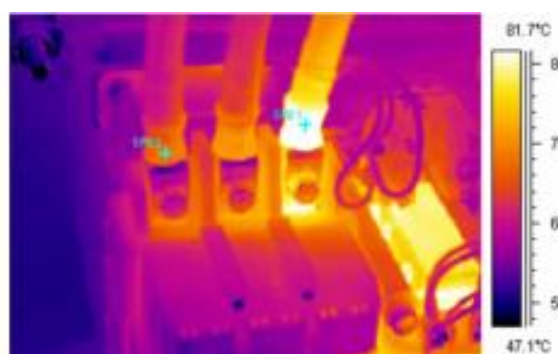


Figura 22 – Termograma de um equipamento elétrico interior com temperatura excessiva (FLIR, 2008)

O calor é um dos sinais mais importantes de componentes frágeis. Como tal, a termografia pode ser aplicada para monitorização de rolamentos de alta velocidade, conexão de fluidos, rolos de transporte, contactos elétricos e motores, e muitos outros processos industriais.

A acrescentar a estas competências, há que aludir ao facto de proporcionar uma técnica de avaliação das condições de um determinado equipamento, de forma a recolher informação quanto ao seu desgaste e processo de degradação. Para além disso, garante segurança a quem a execute, uma vez que não há necessidade de haver contacto direto com o objeto em análise, e sem custos onerosos, visto que se realiza enquanto o equipamento a inspecionar está em funcionamento, sem necessidade de paragem (IACT, 2013).

Pode-se afirmar que a 1ª Grande Guerra Mundial constituiu o termo «a quo» do uso da termografia. Para fins **militares**, então, o seu uso não parou até hoje de ser experimentado, melhorado e usado. Atualmente, o infravermelho, para além da visibilidade noturna, é aplicado na localização de alvos e minas terrestres, na prevenção de ataques inimigos. A instalação de câmaras de infravermelhos em satélites, helicópteros e aviões de reconhecimento possibilita a deteção de zonas de maior calor em florestas de difícil acesso.

Os infravermelhos, em **segurança e vigilância**, são também uma ferramenta muito útil no combate a incêndios, como na identificação de focos de incêndio encobertos pelo fumo, deslocação em ambientes de pouca visibilidade e localização de pessoas. Mesmo em operações de busca e salvamento, sempre que as condições climáticas e especialmente de visibilidade são diminutas, em várias espécies de cataclismos ou policiamento, nomeadamente em situações noturnas.

Não podemos esquecer que o tráfego aéreo, hoje, só é possível pelo recurso a sensores infravermelhos, quer pelas torres de comando, quer pelos pilotos (Barreira, 2004).

Recorre-se à termografia, para áreas menos esperadas: a descoberta de estradas e caminhos antigos sob a vegetação e vestígios de aldeias pré-históricas, através da medição de diferenças de temperatura próxima do solo, o controlo dos níveis de poluição dos rios, estudo da distribuição de calor nas áreas urbanas, localização de lixos em locais não autorizados e emissão de fumos para a atmosfera.

As imagens de infravermelhos têm vindo a ser usadas na obtenção de informação sobre objetos históricos bem como a sua preservação e restauro, em atividades de conservação de obras de arte e na sua datação e autenticação. Recorrendo a estes meios, foi possível revelar imagens ocultas por detrás de pinturas de artistas (Figura 23), bem como detetar pigmentos bastante desbotados em pinturas rupestres. Permite ainda recolher informação sobre o fluxo de ar no interior de edifícios históricos ou museus, de forma a gerir os visitantes, evitando o seu excesso e consequente degradação das obras de arte (com a alteração das condições ambientes).

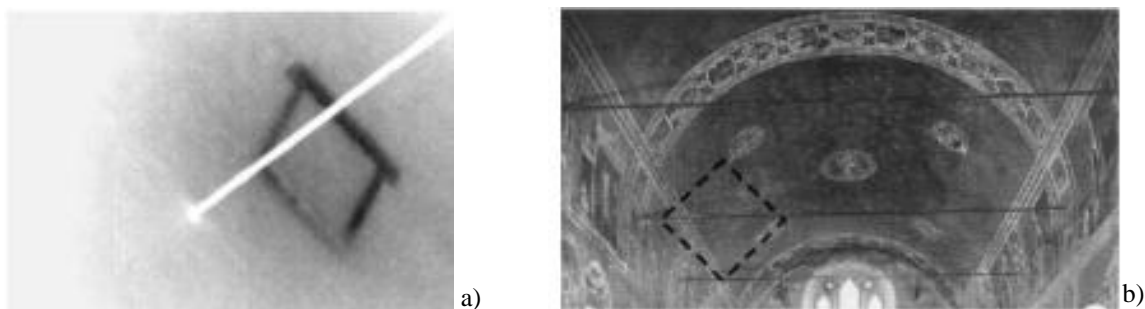


Figura 23 – a) Termograma identificando uma estrutura oculta de uma abertura (fechada entretanto) na abóbada; b) Fotografia correspondente à área referida no termograma (a tracejado) (Faria, 2011)

Finalmente, esta tecnologia também é utilizada para monitorização da atividade vulcânica e previsão de erupções, bem como na meteorologia (Barreira, 2004), (Faria, 2011), (Sousa, 2010).

2.3.2. Aplicação em edifícios

A termografia aplicada em edifícios pode ser utilizada em várias fases do processo construtivo na reabilitação, tal como na manutenção e/ou reparação – por exemplo, a um estudo prévio do estado da envolvente em obras de reabilitação na fase inicial; na orientação dos construtores e utilizadores na escolha de melhores opções de aplicação; no controlo da execução dos trabalhos, como falhas na colocação do isolamento.

Dando apoio como ferramenta relativamente rápida e económica de fiscalização e controlo da qualidade dos trabalhos em obra, a termografia permite a deteção de pormenores construtivos mal executados, como localizar perdas de energia através da envolvente, resultantes do isolamento térmico deficiente ou de fugas de gás, detetar zonas fissuradas, verificar revestimentos de fachadas e identificar pontes térmicas ou infiltrações de humidade.

É possível definir áreas específicas com avarias através do auxílio da câmara termográfica, facilitando a manutenção dos edifícios. Desta forma, evita-se uma reparação morosa e desnecessária com intervenção no elemento construtivo por completo.

Para melhoria do comportamento térmico e otimização do consumo de energia nas suas reparações, a termografia inspeciona os edifícios permitindo o conhecimento da eficácia das opções construtivas adotadas. Para validar essas escolhas, torna-se necessária uma análise quantitativa dos ensaios (ver 2.4.1) para colher uma base de comparação relativamente às alterações efetuadas, em caso de necessidade (Barreira, 2004).

A termografia permite detetar a inexistência de isolamento térmico (Figura 24) ou deficiências na aplicação deste, como, por exemplo, quando a espessura do isolamento não é uniforme, captando uma variação de temperatura superficial.

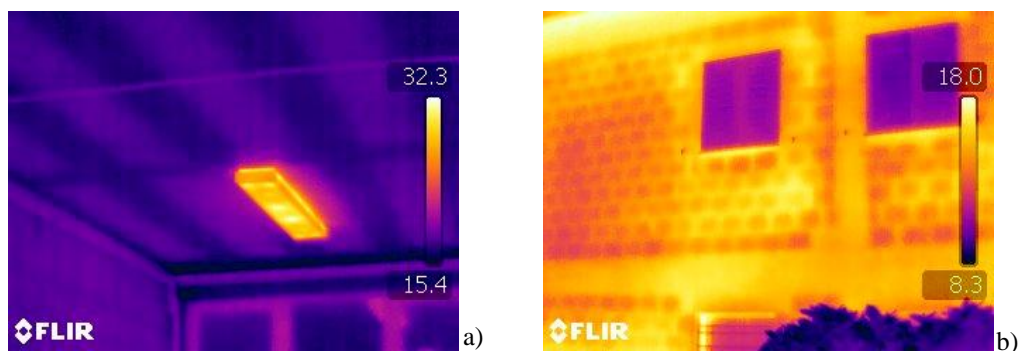


Figura 24 – Ausência de isolamento: a) Teto com laje de vigotas; b) Paredes de alvenaria

A partir de um ponto de fuga, é também possível identificar com esta ferramenta quebras na temperatura superficial. Quando não é possível ter-se esta diferença de temperatura naturalmente, recorre-se à diminuição artificial da pressão (Figura 25), usando um equipamento mecânico de maneira a evidenciar o fenómeno de deteção de perdas de calor devido às fugas (como é o exemplo do sistema de porta ventiladora – ver 2.4.2).

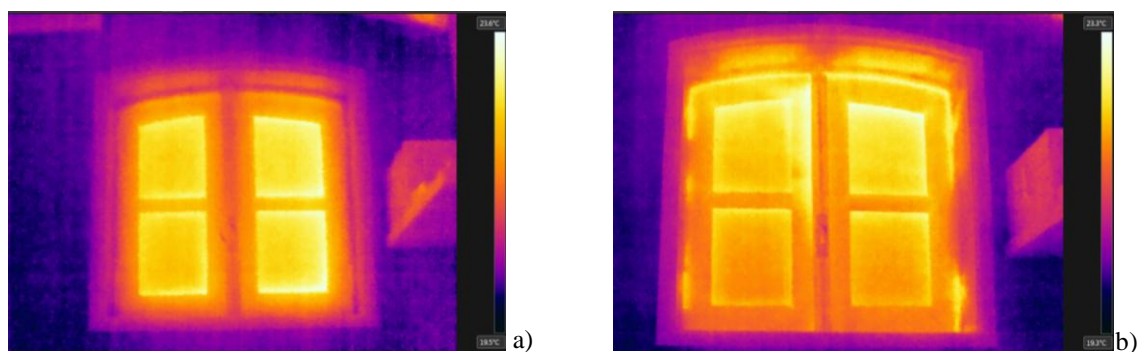


Figura 25 – Deteção de fugas de ar no vão envidraçado: a) termograma de uma janela sem auxílio do equipamento mecânico; b) termograma de uma janela com auxílio do equipamento mecânico

A termografia também pode ser útil na visualização de fissuras ou descolamentos pontuais, mudanças de cor ou textura em revestimentos de paredes. Nestes casos, verificar-se-ão diferenças de temperatura nos termogramas, caso contrário, a radiação é uniforme.

Igualmente, após a realização de ensaios de resistência ao fogo, a termografia permite demonstrar zonas mais quentes em elementos onde correspondem pontos fracos. Através dos infravermelhos é possível identificar o instante e o ponto em que a temperatura ultrapassa os valores máximos admitidos (Barreira, 2004).

Outra aplicação da termografia é a de avaliar o nível de conforto dos revestimentos interiores do pavimento. Comparando qualitativamente os termogramas efetuados à planta de um pé nu, após um determinado tempo de contacto com o material, é possível definir a maior ou menor variação da temperatura superficial do pé. Quanto menor for a temperatura do pé, após o contacto, maior será o desconforto proveniente desse contacto.

Relativamente às coberturas, as planas podem ser ensaiadas tanto pelo interior como pelo exterior. Já para coberturas inclinadas não são aconselháveis os estudos pelo exterior, uma vez que os termogramas fornecem informação distorcida e as deficiências dos elementos pouco pormenorizadas. O espaço de ar no desvão funciona como retardador térmico, aumentando significativamente a inércia entre o teto e o telhado. (Barreira, 2004).

Numa grande maioria do edificado, o deficiente tratamento de pontes térmicas também pode ser detetado pela termografia.

O termo ponte térmica está associado à heterogeneidade existente em zona corrente da envolvente, como pode ser o caso de zonas de transição de materiais de diferentes condutividades térmicas, alterações da espessura da estrutura, diferenças entre áreas internas e externas, como ocorre nas ligações parede/piso/teto. Em qualquer caso de ponte térmica, o fluxo de calor segue a trajetória em que a resistência térmica é menor.

Atendendo à impossibilidade da eliminação completa da presença de pontes térmicas na envolvente, apenas a sua influência no desempenho térmico poderá ser atenuada, limitando o aumento de perdas de calor e a diminuição da temperatura superficial interna. (EN/ISO10211:2007), (RCCTE, 2006), (Sousa, 2010).

A zona da ponte térmica provoca uma descida acentuada de temperatura superficial em relação ao restante elemento em estudo. A probabilidade destas serem inferiores à temperatura de ponto de orvalho é muito maior do que na zona corrente da envolvente. Caso isso suceda, estão reunidas as condições para o aparecimento de condensações. Existem muitas situações onde esta patologia é visível, variando a sua maior ou menor incidência em função do tipo de ponte térmica em questão. Nem todas as pontes térmicas têm o mesmo comportamento, sendo que algumas dão origem a uma maior heterogeneidade das temperaturas superficiais relativamente à zona corrente. É nestas zonas que se verificam fenómenos patológicos mais acentuados (Abreu, 2003).

Visualizar pormenores encobertos, como por exemplo, a localização de tubagens, condutas de ar ou água danificadas, falhas na instalação elétrica ou pontos de sobreaquecimento num circuito elétrico, são outras das aplicações que a termografia apresenta.

2.3.3. Vantagens e desvantagens da termografia aplicada em edifícios

A utilidade da termografia não se resume a diagnosticar diferenças de temperatura em edifícios, abrangendo inúmeras áreas. É o caso do comportamento higrotérmico dos edifícios. O conforto térmico é uma das características dos edifícios apreciada pelos seus utilizadores, razão pela qual os materiais e técnicas construtivas devem ser avaliados do ponto de vista das suas capacidades para evitar perdas de calor. Nesta perspetiva, a termografia é uma boa técnica de diagnóstico de defeitos localizados sob a superfície do revestimento, disponibilizando informação essencial para a manutenção e a reabilitação de edifícios (Faria, 2011).

Além disso, a termografia permite inspecionar grandes áreas, em longas distâncias (monotorização simultânea de vários pontos no mesmo cenário) e localizar heterogeneidades térmicas. Uma das grandes vantagens é a de delimitar concretamente as áreas com problemas, evitando a deterioração completa do elemento construtivo.

Apresenta-se também como uma ferramenta que possibilita a deteção de objetos encobertos. Como não é destrutiva, não exigindo contacto direto com o objeto em estudo, facilita a medição de temperaturas de objetos móveis, ou em locais de difícil acesso, ou ambientes perigosos. Não interfere com o quotidiano nem/ou com o funcionamento e comportamento do elemento a medir, não exigindo iluminação externa (o estudo pode ser realizado durante a noite).

Outra das vantagens é o facto de as câmaras termográficas terem um tempo de resposta rápido e a possibilidade de recolha de dados de grande qualidade. São cada vez mais compactas e facilmente transportáveis – o que significa uma deslocação bastante segura, evitando a preocupação com funções complementares.

Finalmente, contém um diagnóstico de temperatura de larga escala, que pode variar entre os -20 °C e os 1600 °C, detetando pequenas flutuações de temperatura (na câmara utilizada para o estudo existem diferenças de 0,05 °C) (Barreira, 2004), (Sousa, 2010).

Um dos **aspetos desfavoráveis** é que o método deteta apenas diferenciais de temperatura de superfície. Outro é que a complexidade das condições de ensaio pode dificultar a realização deste, principalmente quando se opera “in situ”. Como é o caso da atenuação atmosférica (para distâncias superiores a 10m); da presença de obstáculos no exterior (árvores, pontes, cabos elétricos,...); das condições climáticas; do ângulo de visão; da dificuldade em determinar a emissividade da superfície dos materiais; da reflexão de objetos vizinhos, entre outros fatores, capazes de provocar distorções na obtenção dos termogramas, conduzindo a resultados falseados.

Por estas razões, a necessidade de qualificação dos intervenientes, devido à complexidade das soluções construtivas e dos mecanismos de medição da radiação infravermelha, torna-se um fator essencial.

Pode-se ainda referir a eventual necessidade de arrefecimento/aquecimento artificial uniforme numa grande área em estudo (Termografia ativa – ponto 2.4.1), o que se converte num inconveniente (Barreira, 2004), (Faria, 2011), (Sousa, 2010).

2.4. Procedimentos termográficos e regulamentação aplicável

2.4.1. Termografia ativa e passiva

Por forma a aquecer ou arrefecer o elemento de estudo, existem dois procedimentos possíveis de análise de atuação: ativo e passivo. Neste último, o método de arrefecimento/aquecimento ocorre naturalmente, sem interferência de qualquer fonte artificial, com a vantagem da câmara termográfica ser o único instrumento necessário.

Aplica-se a termografia ativa quando o objeto não emite radiação infravermelha suficiente para permitir a deteção de eventuais anomalias. Neste caso, o arrefecimento/aquecimento da superfície do objeto em causa é feito de modo artificial. A forma como a fonte de energia interfere no elemento a estudar, causando o contraste térmico pretendido, pode ser aplicada pelo exterior, quando a energia incide sobre a superfície propagando-se através do material até encontrar anomalia; ou pelo interior, se a energia é “injetada” no objeto de modo a realçar os defeitos existentes (Sousa, 2010).

Na termografia ativa com estimulação externa, das técnicas aplicadas distinguem-se a termografia *lock-in* (ver Figura 26) – técnica em que a superfície de um corpo é periodicamente iluminada por um feixe de intensidade modulada (por exemplo, lâmpadas de halogénio, para cobrir toda a superfície da amostra) de modo a injetar ondas térmicas para o objeto (normalmente ondas do tipo sinusoidal para que a frequência e forma da resposta sejam preservadas), até um estado estacionário ser atingido, que depende das propriedades térmicas da amostra e da profundidade do defeito – e a termografia de impulso – “*Pulsed Thermography*”. Esta, representada na Figura 27, é uma técnica em que a superfície da amostra é submetida a um impulso de calor por uma fonte de alta potência, como *flashes* fotográficos. Um impulso de calor pode ser pensado como uma combinação de várias ondas periódicas em diferentes frequências e amplitudes. As mudanças térmicas são gravadas com uma câmara de infravermelhos, sendo necessária uma unidade de sincronização para controlar o tempo entre o lançamento do pulso térmico e a gravação com a câmara termográfica. Com a passagem do tempo, a temperatura da superfície diminui uniformemente para uma peça sem falhas internas. Pelo contrário, as discontinuidades podem ser detetadas pela câmara (Ibarra-Castanedo, s.d.).

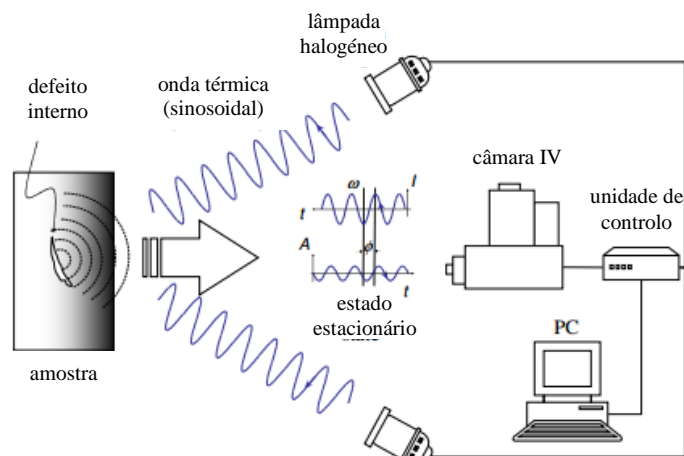


Figura 26 – Exemplo de *Lock-in Thermography* (Ibarra-Castanedo, s.d.)

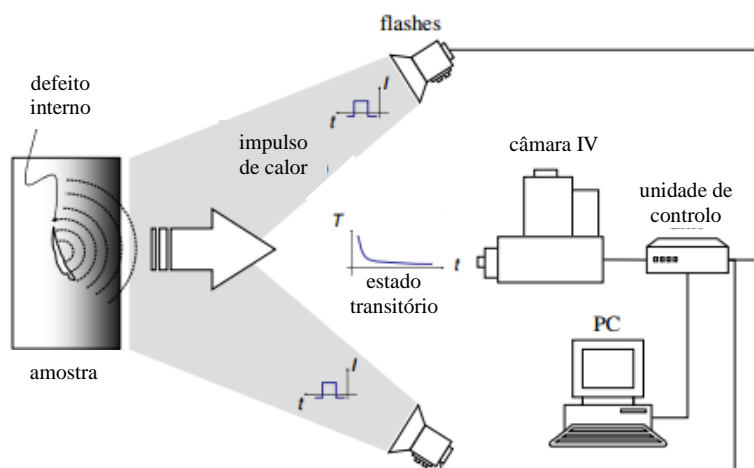


Figura 27 – Exemplo de *Pulsed Thermography* (Ibarra-Castanedo, s.d.)

A técnica aplicada para a termografia ativa com estimulação interna – termografia de ultra-som ou vibrotermografia – utiliza um sistema ultra-sónico que provoca a vibração de partículas, que oscilam entre 15.000 e 30.000 vezes por segundo, sem necessidade de aquecer a superfície para descobrir danos invisíveis. As estruturas são, então, analisadas com imagens térmicas, um teste que mede a temperatura da superfície do material. Os pontos onde a temperatura se apresenta mais elevada, maioritariamente nas zonas danificadas, podem conduzir, posteriormente, a fraturas no material (Sousa, 2010).

Outra técnica de termografia ativa, utilizada para permitir diferenças de temperatura, é o sistema de porta ventiladora (ver ponto 2.4.2). Este equipamento, que será usado no segundo caso em estudo, recorre à alteração artificial da pressão de maneira a evidenciar perdas de calor devido às infiltrações, quando não são possíveis de visualizar apenas com a câmara termográfica – ver Figura 28.

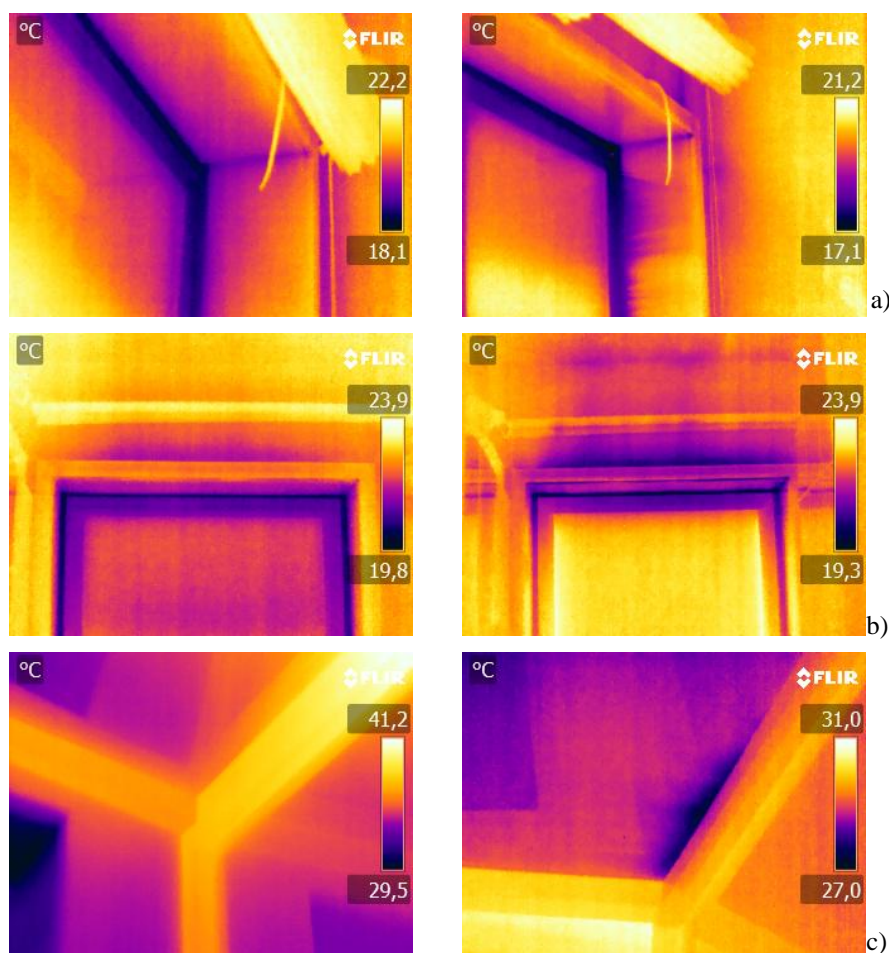


Figura 28 – Diferença de termogramas do mesmo elemento, respetivamente, sem e com auxílio do sistema de porta ventiladora: a) Perímetro do vão envidraçado; b) Parte superior do vão envidraçado; c) Perímetro da claraboia

2.4.2. Porta ventiladora

Frequentemente passam despercebidas a olho nu pequenas fissuras nos elementos das envolventes dos edifícios, que podem ser a causa de perdas de energia, em certos casos responsáveis por cerca de 30% da energia consumida para fins de aquecimento. Um teste como o de porta ventiladora possibilita a localização das menores fendas.

A porta ventiladora (*blower door*) é um método que permite pressurizar ou despressurizar uma fração, aumentando o caudal de ar que circula pelas aberturas indesejáveis, facilitando assim a identificação destas na envolvente do edifício.

O sistema inclui três componentes: um sistema de painel com tela ajustável, um manómetro (dispositivo para medir a pressão entre o interior e o exterior do local a inspecionar), e um ventilador calibrado com círculos e aros adaptáveis. Os referidos aros permitem alterar o diâmetro do ventilador. Quanto maior for a infiltração e/ou o volume da fração, maior será a abertura do ventilador. O diâmetro a adotar é decidido pelo operador, que pode ser auxiliado por um determinado *software* (Saso, 2010).

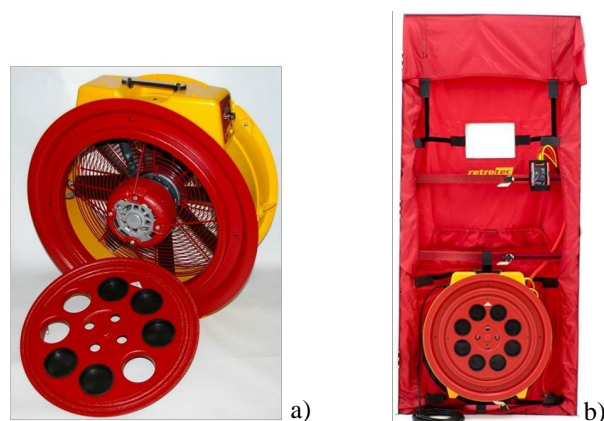


Figura 29 – Equipamento da porta ventiladora: a) ventilador calibrado com círculos e aros adaptáveis; b) sistema completo: painel com tela ajustável, ventilador e manómetro (Inspectortools, 2013)

O equipamento tem como objetivo medir a estanquidade e a taxa de infiltração de ar natural do edifício (Figura 30), comprovar a eficácia dos sistemas de ventilação e medir fugas nas condutas dos sistemas de ventilação. Por este motivo, o equipamento é utilizado para realizar testes de energia residencial e de hermeticidade em condutas. A nível prático, permite informar o proprietário da economia de energia da sua moradia, quantificando o desperdício de energia.

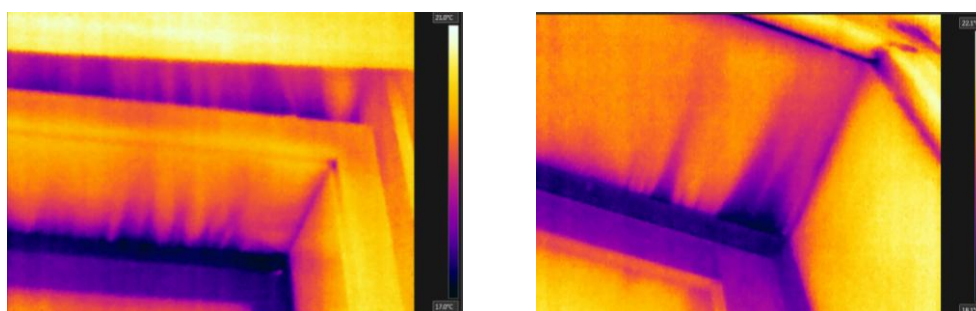


Figura 30 – Imagens IV ilustrando a deteção de infiltrações de ar no perímetro de vãos envidraçados utilizando o sistema de porta ventiladora

O equipamento é instalado ajustando a tela à estrutura de uma porta para o exterior, assegurando que é evitada qualquer fuga de ar. As restantes portas exteriores e janelas deverão estar fechadas, todos os dispositivos mecânicos de ventilação existentes desligados e as portas interiores do local a inspecionar abertas. Quando ligado, produz uma pressurização ou despressurização da fração, cuja força leva o ar a passar a grande velocidade pelas fendas e aberturas dessa fração. O ar que passa pelo equipamento mais as medições de pressão permitirão determinar a estanquidade da habitação. Em situações em que o ar exterior é mais frio, o método mais comum é o de aspirar o ar do ambiente. Como resultado, a pressão no interior do espaço será inferior à pressão do ar exterior, sendo a maioria dos ensaios realizados para diferenças de 50Pa. Devido a esta desproporção, o fluxo de ar frio vindo do exterior aumenta, arrefecendo as superfícies dos pontos de entrada de ar.

Assim, irá revelar-se claramente, na imagem térmica, essa diferença de temperatura, como uma mancha ou zona fria, permitindo ao operador localizar com precisão as fugas presentes (FLIR, 2011).

Para realizar convenientemente a medição e para que a diferença de pressão do fluxo não afete, o vento não deve ultrapassar os 6 m/s.

Importante também para a realização do ensaio é a determinação da temperatura interior e exterior (esta diferença multiplicada pela cêrcea – dimensão vertical da fração contada a partir do ponto da cota média do terreno no alinhamento da fachada até à linha superior da cobertura – não pode ultrapassar o valor de 500 m.°C), bem como do volume interior do espaço a inspecionar, assim como evitar que a sonda de pressão externa seja exposta a diferenças de temperatura, como a exposição ao sol.

$$500 \text{ m} \cdot ^\circ\text{C} \geq |(T_i - T_e)| \cdot h_{\text{fração}} \quad (9)$$

Em que:

T_i	Temperatura interior [°C];
T_0	Temperatura exterior [°C];
$h_{\text{fração}}$	Altura da fração ao solo [m].

Ter-se-á de verificar que as condições da envolvente do edifício não mudarão ao longo de cada teste, por exemplo, se a vedação das aberturas não fendeu, ou se as portas e janelas não foram quebradas ou forçadas a abrir pela pressão induzida (Saso, 2010).

Relativamente às inspeções efetuadas, o teste da porta ventiladora foi realizado de acordo com a norma EN 13829:2000.

2.4.3. Termografia qualitativa e quantitativa

A análise dos resultados é um aspeto fundamental na avaliação dos termogramas. Para proceder a esta interpretação, existem duas formas: a análise qualitativa e a análise quantitativa.

A termografia qualitativa baseia-se nas diferenças de temperatura superficiais ao invés das temperaturas em si, sendo muitas vezes o necessário para detetar anomalias. Esta análise rápida, de fácil interpretação e sem necessidade de medições detalhadas (os termogramas podem ser conseguidos com emissividade constante) é utilizada para descobrir, por exemplo, pormenores ocultos, entupimentos ou irregularidades de isolamento, sempre numa abordagem mais superficial.

O processo de análise pode ser feito “in situ”, mas sempre efetuado por um profissional ou pessoa com alguma experiência para reconhecer que imagem seria de esperar caso não existisse qualquer anomalia. Por esse motivo, sempre que possível, é aconselhável que sejam efetuados termogramas de referência de zonas não afetadas do objeto em estudo, evitando erros de interpretação.

O tipo de análise quantitativo é uma medição precisa da temperatura ou da sua distribuição. Através da imagem térmica e de outros aspetos analíticos (condições atmosféricas, propriedades dos materiais e outros fatores que podem distorcer as leituras) são calculadas as temperaturas superficiais. Comparativamente à análise definida anteriormente, apesar de esta ser mais morosa, pois requer mais detalhe e condições de ensaio mais rígidas, torna-se mais eficaz.

Normalmente a análise não é feita no local. Os termogramas são guardados, bem como todos os parâmetros indispensáveis para a avaliação dos resultados, e processados num computador para de seguida proceder-se à interpretação da informação retirada.

A calibração do equipamento é outro aspeto fundamental, que deve ser acompanhado rigorosamente conforme o manual, uma vez que se pretende neste tipo de análise os valores reais da temperatura do objeto em estudo e não uma mera comparação de valores (Barreira, 2004), (Faria, 2011), (Ribeiro, 2009).

2.4.4. Normalização

De forma a garantir o conforto higrotérmico, no processo de certificação energética, a EN 13187:1998 especifica como deve ser realizada uma inspeção termográfica num edifício.

Esta norma está dirigida para condições verificadas predominantemente a norte da Europa, revelando um certo desenquadramento com as necessidades verificadas em inspeções em climas moderados. A ausência da exposição solar direta no edifício, tanto durante como 12 horas antes do ensaio, ou ser aconselhável uma diferença de temperatura entre o interior e o exterior de pelo menos 10 °C, para deteção de falhas de isolamento e perdas de energia, são alguns dos exemplos. (Sousa, 2010).

Inicialmente posta em prática na Europa, mas aceite hoje como uma norma internacional, a ISO/EN 13187:1998, refere no capítulo 6, de forma a definir os requisitos gerais de testes, em particular no que se refere ao revestimento do edifício inspecionado termograficamente, devem ser tidas em consideração as seguintes condições:

- As especificações e capacidades do equipamento termográfico;
- As características do revestimento (elementos estruturais e camadas de isolamento, tipos e localizações do sistema de aquecimento);

- As propriedades de radiação da superfície (materiais de revestimento);
- Fatores climáticos;
- Acessibilidades;
- Entre outros fatores importantes (Ribeiro, 2009).

No âmbito da norma, são especificadas duas formas de inspeção termográfica, que diferem em grande parte no que se refere ao relatório e à apresentação de resultados:

- A realização de testes com uma câmara IV, destinada principalmente à inspeção do desempenho genérico de novos edifícios ou de edifícios reconstruídos;
- A realização de testes simplificados com uma câmara de IV, adequada para execução de auditorias, como num local de um projeto de reconstrução ou inspeções de rotina (Ribeiro, 2009).

Para além desta norma, existem outras normas europeias, regulamentação americana (ASTM) - mais orientada para o padrão construtivo americano (edifícios prefabricados com estrutura em madeira ou metal) – e internacional (ISO) sobre a aplicação da termografia em diagnóstico de edifícios (ver Tabela 3).

No entanto, não há nenhum protocolo universal definido para a inspeção pelo exterior da envolvente dos edifícios com recurso a câmaras termográficas (Sousa, 2010).

Tabela 3 – Listagem de alguma legislação regulamentar (Faria, 2011), (IACT, 2013)

ASTM (Norma Americana)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ASTM C1153-97 (2010) ▪ ASTM C 1060 (2011) a ▪ ASTM E 1186 (2003) ▪ ASTM E1543-00 (2011) ▪ ASTM E1933-99a (2010)
ISO (Norma Internacional)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO/TC 135/SC 8 (1998), ▪ ISO 6781 (1983)
EN (Norma Europeia)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ EN 13187 (1998), (ISO 6781:1983, modificada) ▪ BS EN 1767 (1999)

3. Experimental

3.1. Material

Salas de estabelecimentos de ensino secundário, construídas entre a década de 60 a 90, foram o primeiro objeto de estudo. A seleção das escolas foi arbitrada pela Parque Escolar, E.P.E. (Entidade Pública Empresarial), sendo quatro reabilitadas e quatro não reabilitadas.

A inspeção realizou-se no mês de Abril, em parceria com o colega Fábio Neves, que preparava uma dissertação com partes afins, no ISEP. As escolas estão todas inseridas na região do Porto.

O critério para a seleção das salas foi semelhante para cada estabelecimento:

- Orientação voltada para o quadrante Norte: por motivos de ausência de radiação direta solar e pela maior diferença de temperatura entre o interior e o exterior. Nesta orientação, as salas também apresentam maior probabilidade de ocorrência de patologias (devido à maior concentração de vapor de água no ar – menor variação de temperatura);
- Todas as salas situam-se no rés-do-chão, para facilitar a acessibilidade nas medições da fachada;
- A hora dos ensaios foi da parte da tarde, quando as salas estão mais desocupadas – as inspeções foram realizadas em salas vazias mas com alunos nos tempos letivos anteriores.

Como foi apenas realizado uma inspeção por escola, os resultados obtidos não podem ser generalizados.

Para facilitar a leitura, a Tabela 4 apresenta as abreviaturas das várias escolas estudadas.

Tabela 4 – Abreviaturas das Escolas		
	Escola	Abreviatura
NÃO REMODELADAS	Escola Secundária António Nobre	1 – ESAN
	Escola Básica e Secundária de Lordelo - Paredes	2 – EBSL
	Escola Secundária de Valongo	3 – ESV
	Escola Secundária Joaquim de Araújo	4 – ESJA
REMODELADAS	Escola Secundária Garcia de Orta	5 – ESGO
	Escola Básica e Secundária Clara de Resende	6 – ESCR
	Escola Secundária de Paredes	7 – ESP
	Escola Secundária de Soares dos Reis	8 – ESSR

Outro objeto de inspeção termohigrométrica foram quatro habitações, dois apartamentos e duas moradias unifamiliares, situadas na Área Metropolitana do Porto.

Em parceria, neste caso com o colega Hugo Matos a preparar dissertação sobre a aplicação de ensaios com a porta ventiladora, no ISEP, a escolha das frações foi limitada ao conhecimento pessoal, tentando no entanto apresentar diferenças cativantes para o estudo, como o ano de construção.

A ideia da proximidade temporal da execução dos ensaios, durante o mês de Junho, bem como da zona onde as habitações estão inseridas apresentar características climáticas afins (mesma zona climática), pretendeu evitar discrepâncias sensíveis na comparação de resultados. A Tabela 5 apresenta as abreviaturas dos vários edifícios estudados.

Tabela 5 – Abreviaturas das Frações	
Fração	Abreviatura
Caso 1 – Apartamento do Edifício da Rua Académico Futebol Clube, Porto	A
Caso 2 – Moradia da Praça Augusto Lino dos Santos, Vila Nova de Gaia	B
Caso 3 – Apartamento do Edifício da Rua da Bateria, Leça da Palmeira	C
Caso 4 – Moradia da Rua do Junqueiro, Oliveira de Azeméis	D

3.2. Equipamentos utilizados

Requisitou-se no Laboratório de Física das Construções, do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do ISEP, a câmara termográfica FLIR B 400 para os estudos efetuados. Com um intervalo espectral de 1,5 – 13 μm , este equipamento digital tem a particularidade de usufruir de um dispositivo de alarme para identificação de deficiências de humidade (Figura 31) e de isolamento (Figura 32), bem como a deteção do risco de presença de condensações superficiais (alarme de ponto de orvalho). Gera imagens que apresentam as temperaturas superficiais através de cores, como é exemplificado nas figuras referidas (FLIR, 2008).

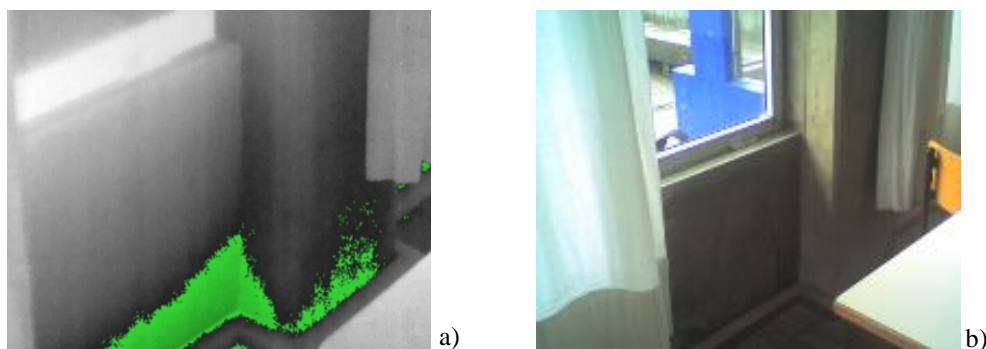


Figura 31 – O alarme de humidade relativa do ar alerta para as áreas com risco de condensação. Nesta imagem, a área em risco é indicada a cor verde: a) termograma da parte inferior do vão envidraçado; b) imagem digital correspondente ao termograma

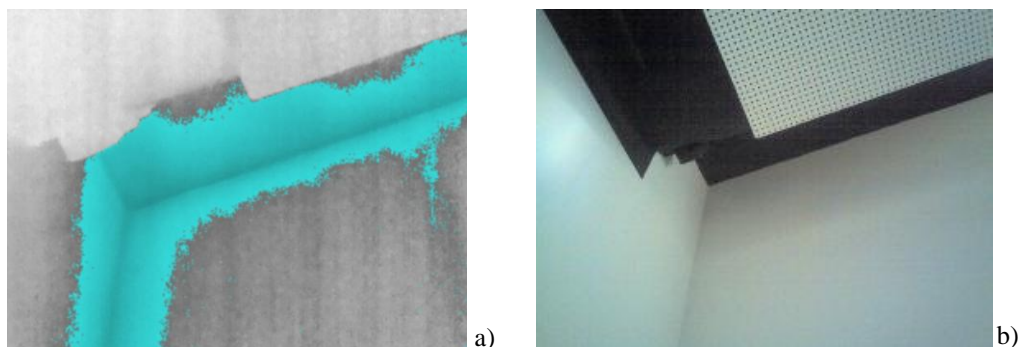


Figura 32 – O alarme de isolamento, indicado a cor azul, dispara quando o nível de isolamento for inferior a um valor pré-ajustado da infiltração de energia através da parede, detetando deficiências de isolamento na construção: a) termograma do canto superior da parede exterior; b) imagem digital correspondente ao termograma

Outro recurso importante deste equipamento é a possibilidade de se configurar manualmente a extensão da escala de temperatura exibida na imagem térmica. Por vezes há apenas interesse numa pequena parte dessa escala, como é demonstrado na Figura 33 (FLIR, 2011).

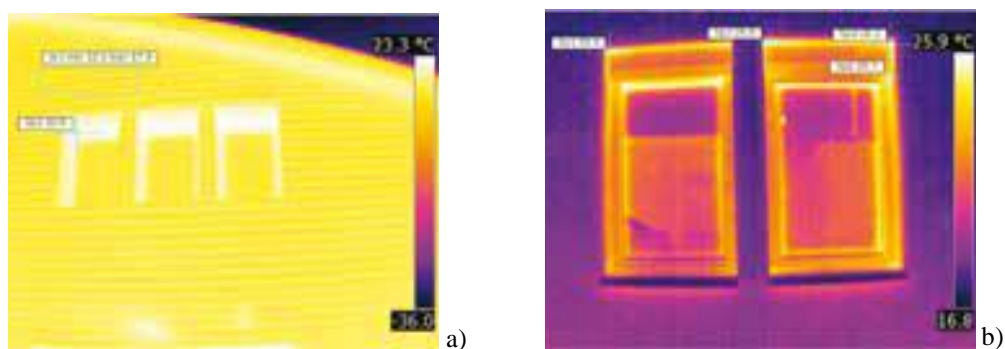


Figura 33 – Visão térmica exterior de janelas: a) ajustada automaticamente e b) manualmente. A extensão de auto ajustamento de a) é muito grande; b) mostra a fuga de calor praticamente invisível na imagem auto ajustada (FLIR, 2011)

A opção para captar uma fotografia digital simultaneamente com a imagem IV é uma vantagem suplementar na perceção de resultados. A fusão de imagens permite visualizar parte de uma fotografia digital como uma imagem de IV.

Na Figura 34, estão representados os diferentes tipos de fusão disponíveis na máquina termográfica (FLIR, 2008).

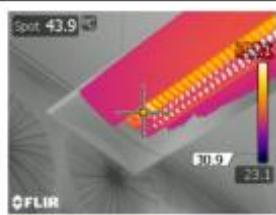
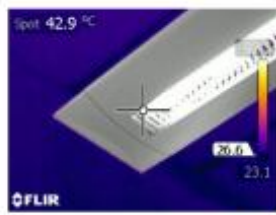
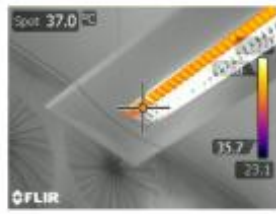

Tipo de fusão	Imagem
Acima	
Abaixo	
Intervalo	
Imagem na Imagem	

Figura 34 – Tipos de fusão que o equipamento proporciona (FLIR, 2008)

Importa referir que existem vários parâmetros na câmara – entre os quais a emissividade, distância do objeto à câmara, humidade relativa, temperatura ambiente – que são introduzidos pelo utilizador, o que faz uma enorme diferença para evitar um erro termográfico. Outras informações sobre o equipamento estão disponíveis no “Manual do utilizador” – (FLIR, 2008).

Sobre **material de auxílio** às inspeções, recorreu-se a um anemómetro, para medir a velocidade do vento, e a um termohigrómetro, para registo da humidade relativa e da temperatura ambiente, do Laboratório de Física das Construções, do Departamento de Engenharia Civil (DEC) do ISEP. Quanto ao *software* para análise dos termogramas, escolheu-se o *FLIR Tools+ 3.1 Software*.

A porta ventiladora utilizada nos ensaios foi a *Retrotec 2000 Series Blower Door*.

O procedimento experimental foi orientado de forma a seguir todas as normas e regras de instalação dos equipamentos.

3.3. Metodologia

A inspeção deve ser antecedida de uma série de ações prévias:

- Recolha de desenhos relacionados com o elemento a inspecionar, detalhe do tipo de composição e das características do isolamento. Informações de sistemas de aquecimento/arrefecimento presentes no edifício;
- Compilação de termogramas de referência, ou tipos de elementos similares;
- Condições internas e externas que podem influenciar a inspeção.

No primeiro caso, apenas dos edifícios novos/recém-construídos se teve acesso à documentação com as especificações necessárias. Em relação ao facto de existirem termogramas de referência, em Portugal é problemático. Portanto, em alguns casos, deparou-se com informação muito limitada para completar os objetivos no trabalho preliminar, bem como termogramas de referência.

Para cada inspeção, elaborou-se uma **ficha de inspeção** para o registo de toda a informação necessária do objeto em análise, que servirá de base de apreciação e estudo na análise de resultados.

O Anexo I contém a ficha-tipo de inspeção utilizada na realização dos ensaios.

- Ponto 1 – Dados da obra: identificação do local; estado (remodelado/não remodelado); data da inspeção.
- Ponto 2 – Descrição do elemento: orientação; solução construtiva.
- Ponto 3 – Condições climáticas durante a realização do estudo.
- Ponto 4 – Plantas do edifício em análise; localização das respetivas zonas a inspecionar, quadro síntese das heterogeneidades de temperatura dos registos captados.
- Ponto 5 – Registo da zona que revela uma heterogeneidade de temperatura superficial mais relevante, com respetivo termograma, imagem digital correspondente, gráfico do perfil de variação de temperatura e observações/comentários, entre outros parâmetros indispensáveis introduzidos na máquina.

4. Resultados

4.1. Procedimentos

Foi considerada, sempre que possível, nos casos deste trabalho, uma série de recomendações, incluídas na Norma EN 13187, para realização de uma inspeção termográfica.

O parágrafo 6, da Norma, contém uma série de condições a levar em conta ao fazer uma inspeção. A seguir, representam-se as mais relevantes:

- Trabalho com menores diferenças de temperatura entre o interior e exterior, de, pelo menos, 10 °C entre os dois lados da parede, para falhas de isolamento; para identificação de fugas, 5°C de diferença, no mínimo, para que o ensaio seja fiável (apesar de ser possível detetar com menores diferenças, desde que sejam o bastante para descobrir irregularidades térmicas);
- A pressão e a temperatura constantes;
- O ensaio cancelado quando a temperatura exterior ou no interior varia consideravelmente, exista luz solar exposta diretamente no elemento ou o vento apresentar variação de intensidade.

Incluídas no anexo D, apresentam-se algumas situações a considerar na realização de um exame termográfico a partir do interior:

- Para uma inspeção bem feita, durante pelo menos 24 h antes do ensaio, a temperatura do ar exterior não deverá ser superior a ± 10 °C à existente na hora de início da inspeção;
- Durante pelo menos 12 h antes do início do teste, e durante o mesmo, deve ter-se em consideração a não exposição da radiação solar na superfície das fachadas a inspecionar;
- Durante o ensaio, a temperatura do ar exterior e interior não deve alternar, em comparação com os valores detetados no início do teste, mais do que ± 5 °C e ± 2 °C, respetivamente. Os efeitos das variações de temperatura durante o teste podem ser verificados por meio da sobreposição das imagens final e inicial. Se a mudança é inferior a 1 °C ou 2 °C, o requisito de teste é considerado satisfeito.

Portanto, a leitura e a análise das recomendações estabelecidas sugerem que a inspeção termográfica deve complementar-se com um controlo e monitorização das temperaturas interior e exterior do edifício, de modo a garantir os fluxos de calor térmico necessários para deteção de anomalias (Crespo, 2009), (ISO13187:1998).

Nos casos em estudo, as temperatura entre o interior e exterior não foram muito elevadas – diferenças de 0 a 3 °C. Apesar de se descobrirem irregularidades térmicas, estas condições podem ter limitado a identificação de outras incorreções.

Entre outras considerações, é importante definir a paleta de cores correta para revelar da melhor forma os defeitos nas paredes. Com a seleção dessas cores, os termogramas revelam-se mais adequados ao objeto e à finalidade do ensaio. Na Figura 35, mostra-se como a câmara termográfica proporciona um conjunto diversificado de paletas, escolhido pelo operador durante o ensaio. Já nas cores de alarme, referidas anteriormente, o conjunto de cores é padronizado (Ricca, s.d.).

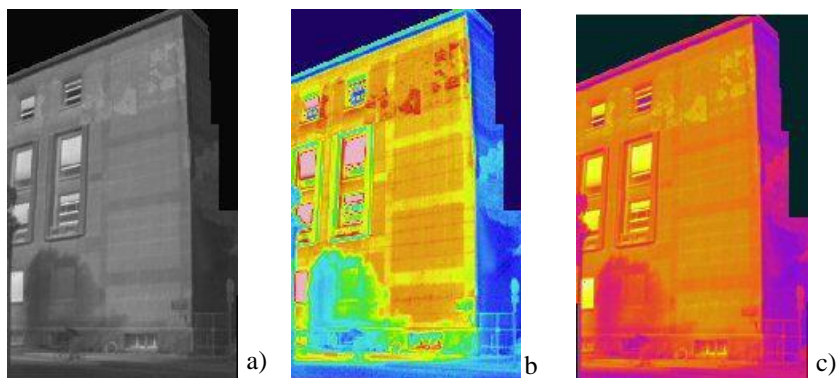


Figura 35 – Imagem termográfica representada em diferentes paletas de cores: a) Cinza; b) Arco-íris; c) Ferro. O termograma central é o que melhor apresenta as lacunas de gesso no piso superior (Ricca, s.d.)

Para avaliação de pontes térmicas, importa proceder à recolha de imagens pelo interior e exterior da envolvente de modo a obter uma avaliação quantitativa correta (Sousa, 2010).

4.2. Caso 1

Na Figura 36, representa-se esquematicamente a localização dos parâmetros (Tabela 6) a ter em conta durante o ensaio, de cada sala inspecionada.

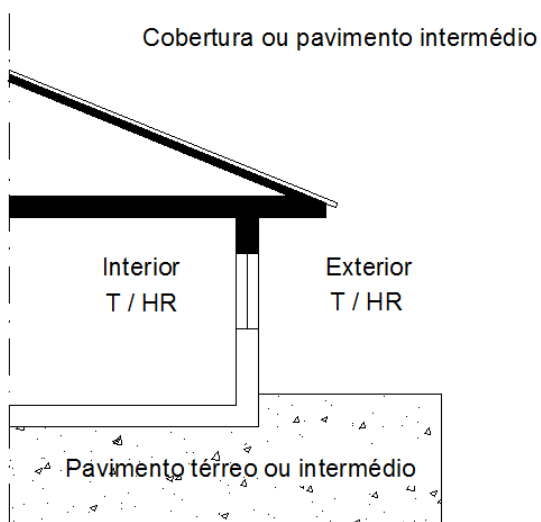


Figura 36 – Corte exemplificativo dos elementos estudados dos edifícios escolares

Na observação da Tabela 6, de acordo com os pontos 2.2.2 e 2.2.3, a temperatura de ponto de orvalho varia muito na escola 5-ESCR em relação às outras, devido ao baixo valor de HR, no interior e no exterior. Este facto leva a um menor risco de condensações superficiais, já que é difícil nesta zona climática encontrar temperaturas superficiais abaixo de 0 °C. Como se referiu, a hora dos ensaios ocorreu da parte da tarde, o que ainda torna mais longínqua uma hipótese de condensação.

Tabela 6 – Temperatura ambiente, humidade relativa e temperatura superficial do ponto de orvalho durante cada ensaio

Escola		Interior			Exterior		
		T _{amb} (°C)	HR (%)	T _{po} (°C)	T _{amb} (°C)	HR (%)	T _{po} (°C)
NÃO REABILITADAS	1-ESAN	16,5	61	9,0	15,4	54	6,2
	2-EBSL	16,9	78	13,1	15,8	71	10,6
	3-ESV	18,5	69	12,8	15,4	70	10,0
	4-ESJA	20,0	53	10,2	20,0	49	8,4
REABILITADAS	5-ESCR	18,3	38	3,6	13,5	31	< 0
	6-ESGO	18,8	72	13,7	18,1	60	10,3
	7-ESSR	20,5	54	10,9	16,8	68	10,9
	8- ESP	20,9	66	14,4	20,7	48	9,3

Para mais informações acerca das escolas, consultar o Anexo II.

Na Tabela 7, apresenta-se o termograma (IV) e o respetivo registo digital (CD) da zona dos envidraçados de cada uma das escolas.

Numa análise geral, repara-se numa diferença de ± 1 °C nos ΔT 's (diferença de temperatura superficial mínima e máxima), comparando as escolas remodeladas e não remodeladas, com exceção da 5-ESCR, que mostra uma diferença de temperatura de 4,2 °C. Este ΔT de elevado valor pode ser explicado pelo facto da constituição do elemento construtivo conter uma caixa-de-ar de 10 cm, o que poderá ter levado a uma alteração de temperatura localizada e repentina.

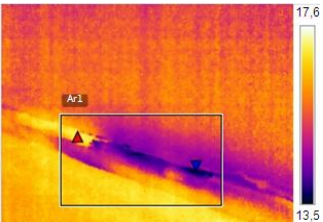

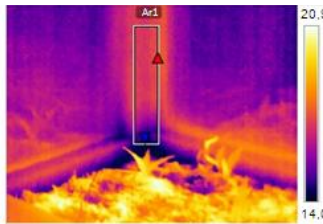

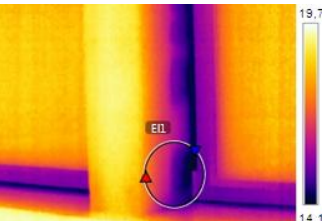

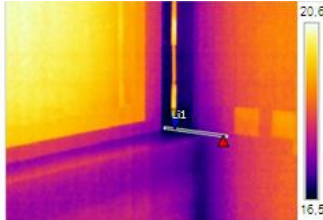

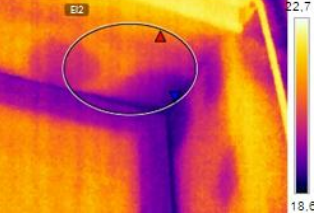

Nas escolas não remodeladas, o ΔT deve-se sobretudo ao estado de conservação da caixilharia. Entretanto, o vidro simples não deixa de se apresentar como um fator que oferece uma menor resistência à pressão exercida pelo vento. Estes aspetos terão de ser tidos em conta, visto que potenciaram a presença de fugas de ar e humidade – na 2-EBSL a temperatura superficial mínima (T_{\min}) fica apenas a 1,4 °C do ponto de orvalho (T_{po}), apresentado na Tabela 6, podendo resultar o aparecimento de condensações superficiais.

Já na 6-ESGO, o ΔT poderá ser influenciado pelo facto da estrutura da escola utilizar pórticos de betão, podendo conduzir a um incorreto tratamento da ponte térmica linear entre elementos verticais e consequente identificação de heterogeneidades de temperatura superficial e aparecimento de humidade.

Por fim, a causa das manchas visíveis no termograma da 7-ESSR pode-se atribuir ao tipo de material de fixação utilizado entre a placa de gesso cartonado e o elemento de suporte da estrutura, como alguma cola específica, ou a esta, absorvida pelas placas, responsável pelo aparecimento de zonas pontuais de humidade.

A identificação das soluções construtivas é extremamente importante para a análise dos termogramas, visto que, não sendo possível conhecer os materiais constituintes dos elementos a estudar, a interpretação da imagem poderia levar a erros.

Tabela 7 – Observação dos envidraçados – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – triângulo (Δ) azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

Escola		IV	CD	ΔT (°C)	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)
NÃO REMODELADAS	1-ESAN			2,8	13,8	16,6
	2-EBSL			2,2	14,5	16,7
	3-ESV	-	-	-	-	-
	4-ESJA	-	-	-	-	-
REMODELADAS	5-ESCR			4,2	13,9	18,1
	6-ESGO			1,3	16,7	18,0
	7-ESSR			1,5	19,7	21,2
	8-ESP	-	-	-	-	-

Os cantos inferiores das paredes exteriores e respetivos termogramas são apresentados na Tabela 8.

Comummente para as escolas não remodeladas, a falta de impermeabilização no piso térreo é uma das consequências que levou a que as heterogeneidades de temperaturas se acentuassem (humidade por efeito ascensional).






A escola 2-EBSL apresenta humidade por condensação – a temperatura superficial mínima interior (T_{\min}) é inferior à do ponto de orvalho (T_{po}), na Tabela 6, o que pode ser consequência do aparecimento de condensações superficiais. Um “canteiro” também é um aspeto a contribuir para uma ΔT maior (a temperatura e a humidade da parede que a delimita).

A escola 2-ESV e 6-ESGO são outros casos de risco de presença de humidade por condensação. Nestas, a T_{\min} fica apenas a 2,7°C acima da T_{po} , sendo provável o aparecimento de condensações superficiais. Na escola 6-ESGO, a ΔT deve-se provavelmente ao facto da estrutura ser constituída por pórticos de betão.

Na escola 8-ESP, a causa da alteração da temperatura poderá estar na existência de uma caixa-de-ar colocada na parte inferior da parede, visualizada no registo CD.

Assim, a observação a salientar é a reavaliação, pela importância da impermeabilização, dos elementos construtivos da fundação.

Tabela 8 – Observação dos cantos inferiores de paredes exteriores – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

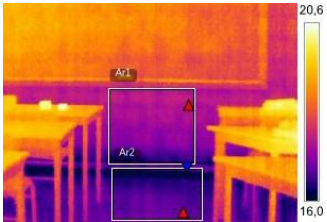

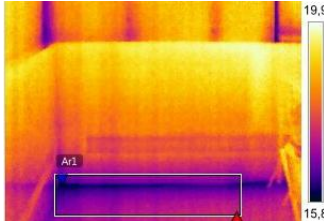

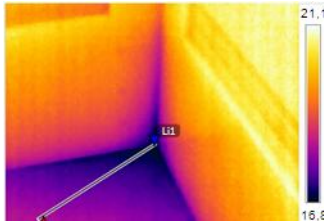

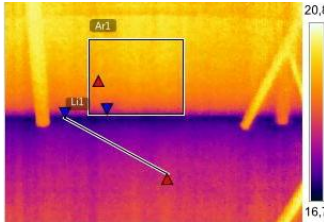

Escola	IV	CD	ΔT (°C)	T_{\min} (°C)	T_{\max} (°C)
1-ESAN	-	-	-	-	-
NÃO REMODELADAS	2-EBSL		4,6	11,7	16,3
	3-ESV		1,2	15,5	16,7
	4-ESJA		1,2	15,6	16,8
5- ESCR	-	-	-	-	-
REMODELADAS	6- ESGO		1,2	16,4	17,6
	7-ESSR	-	-	-	-
	8- ESP		2,0	17,5	19,5

A Tabela 9 apresenta os pavimentos térreos.

Na escola não remodelada 4-ESJA, a falta de isolante térmico no pavimento térreo é evidenciada no registo IV pela presença de humidade. A conclusão é equivalente à análise anterior, relevando a necessidade de impermeabilização no piso, devido à presença de humidade.

Nas escolas remodeladas, a possível existência de folga entre elementos da parede, que permitem o contacto directo com a sua caixa-de-ar, proporciona um sombreamento junto ao rodapé. Este efeito pode ser o causador da variação das temperaturas existentes.

Tabela 9 – Observação do pavimento térreo – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

	Escola	IV	CD	$\Delta T (^{\circ}C)$	$T_{\min}(^{\circ}C)$	$T_{\max}(^{\circ}C)$
NÃO REMODELADAS	1-ESAN	-	-	-	-	-
	2-EBSL	-	-	-	-	-
	3-ESV	-	-	-	-	-
	4-ESJA			1,2	16,0	17,2
REMODELADAS	5-ESCR			1,9	16,3	18,2
	6-ESGO	-	-	-	-	-
	7-ESSR			1,7	16,9	18,6
	8-ESP			0,9	17,7	18,6

Investigando o exterior, a Tabela 10 analisa a parte inferior das fachadas das salas observadas.

Na 1-ESAN, escola por intervencionar, a inspeção foi realizada no final da tarde, levando a que o efeito de sombreamento do peitoril alterasse a homogeneidade do elemento. Há ainda a considerar a possibilidade de condensações interiores por capilaridade. Também é identificada, a cor mais escura, a parte inferior da caixilharia, em relação à restante estrutura. Esta diferença de tom, deve-se ao mau estado de conservação, quer no exterior (Tabela 10), quer no interior, patente na Tabela 7.

Em relação à 2-ESBL, a condução da humidade da fundação para as paredes, possivelmente por efeito ascensional, é a causa da variação de temperatura. Este resultado também se agravou com o estado do tempo encontrado durante inspeção (aguaceiros).

A escola 5-ESJA é similar à 1-ESAN, no que diz respeito ao efeito de sombreamento. Em relação à parte inferior da parede, a fundação é visualizada a cor escura.

Deste modo é indispensável a reavaliação dos elementos construtivos no que diz respeito à impermeabilização para evitar o aparecimento de humidade por efeito ascensional (2-EBSL) e capilaridade (1-ESNA e 4-ESJA).

Na escola intervencionada 6-ESGO, na parte inferior do vão da parede exterior, 10 cm abaixo do peitoril, existe uma caixa-de-ar, como exemplificado na Figura 37. Esta apresenta uma resistência térmica na transferência do fluxo de calor (do interior para o exterior) diferente da restante parede, evidenciando uma homogeneidade a partir dessa zona (ver perfil de temperaturas nos relatórios em anexo).

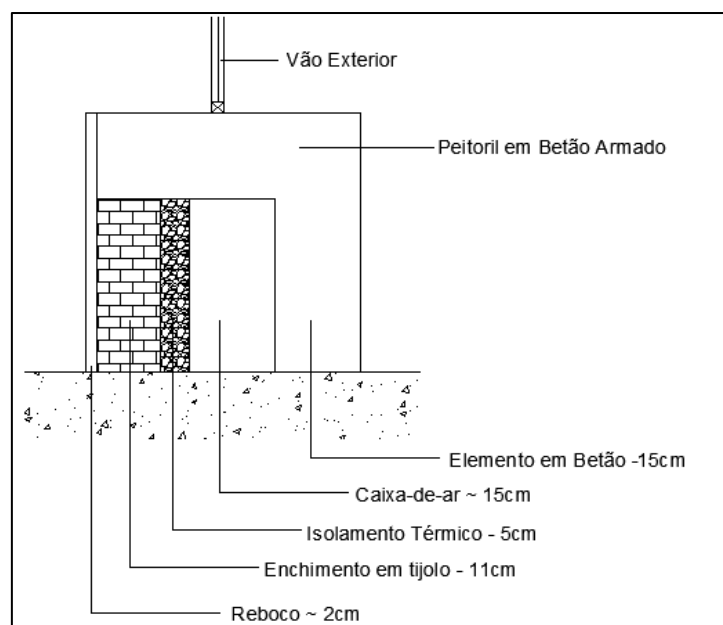


Figura 37 – Corte ilustrativo da parede exterior da escola 6-ESGO

A escola 5-ESCR é idêntica à 1-ESAN no que diz respeito ao efeito de sombreamento, presente no ΔT das duas escolas (diferença de 0,4 °C).

Na 8-ESP, encontram-se temperaturas diferentes em elementos distintos – diferentes emissividades (chapa/ETIC'S). Como representado na Figura 38, é possível verificar a influência de materiais diferentes nos termogramas. Os perfis são lineares (apenas ΔT 's de 0,5 °C), tanto na zona onde é aplicado o sistema ETIC'S (Li1) como a chapa (Li2), não parecendo evidenciar defeitos, apenas têm temperaturas diferentes.

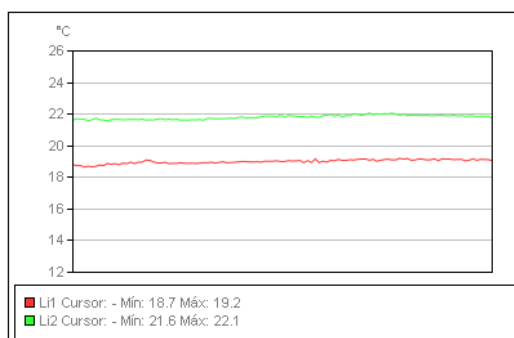
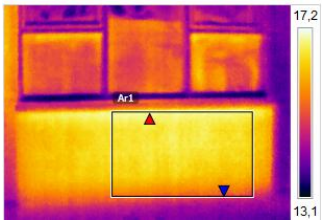

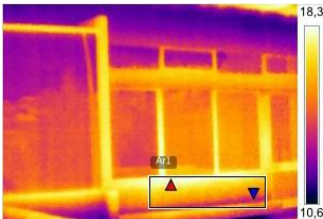

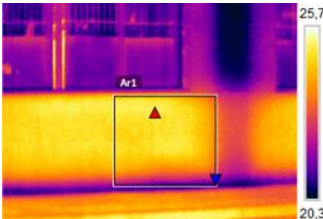

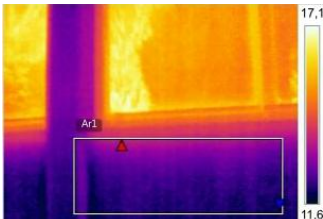

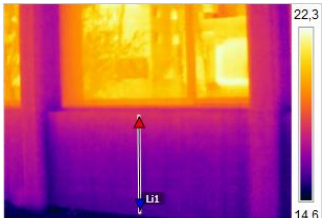

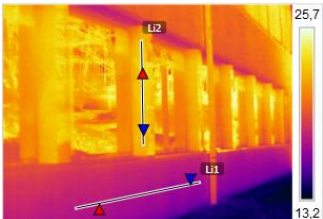



Figura 38 – Gráfico de variação da temperatura ao longo do perfil Li1 e Li2

É necessária a informação sobre a constituição dos elementos construtivos, para não induzir interpretações erradas dos registos IV.

Tabela 10 – Observação da parte inferior da fachada (exterior) – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

	Escola	IV	CD	ΔT (°C)	T_{\min} (°C)	T_{\max} (°C)
NÃO REMODELADAS	1-ESAN			2,0	14,8	16,8
	2-EBSL			4,1	14,1	18,2
	3-ESV	-	-	-	-	-
	4-ESJA			3,5	20,9	24,4
REMODELADAS	5- ESCR			1,6	11,8	13,4
	6-ESGO			1,2	16,0	17,2
	7-ESSR	-	-	-	-	-
	8-ESP			0,5	18,7	19,2

Algumas das pontes térmicas lineares presentes na fachada de cada edifício encontram-se na Tabela 11, observadas pelo interior da sala.

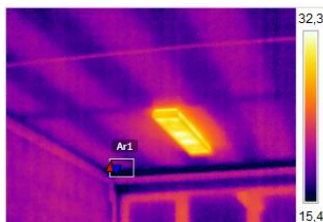

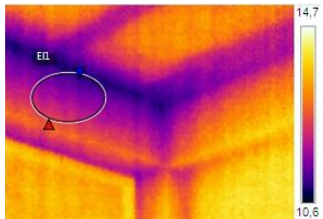

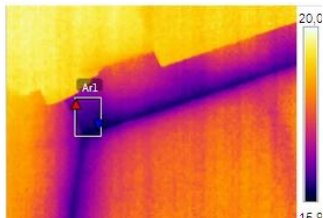

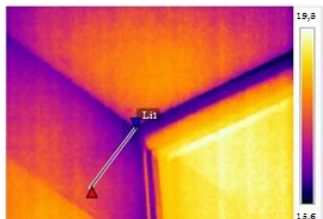

Individualizando cada caso, na 1-ESAN, o incorreto tratamento da ponte térmica na ligação das paredes verticais com o pavimento intermédio, resultante da inexistência de isolamento térmico (é visualizada a estrutura da laje intermédia a cor mais escura), poderá levar à presença de humidade na sala. Semelhante a esta é o caso da 2-EBSL, onde o aparecimento de condensações superficiais ($T_{\min} < T_{po}$) é consequência do imperfeito tratamento da ponte térmica (neste caso entre a viga e a cobertura) – igualmente carente de isolamento.

Nos edifícios não remodelados, também a argamassa utilizada no reboco das reentrâncias não terá sido a mais adequada para o efeito (sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes necessárias para evitar humidades, bem como a deficiente impermeabilização da ligação das fachadas).

É visível ainda na estrutura entre a fachada e o pavimento intermédio na 5-ESCR inexistência de isolamento pelo interior, podendo esta situação provocar um deficiente tratamento da ponte térmica linear na ligação dos elementos.

Repetidamente, os pórticos de betão na 6-ESGO poderão conduzir ao risco de humidade por condensação – T_{\min} fica apenas a 2,7°C acima do T_{po} . Este facto pode levar a um incorreto tratamento da ponte térmica linear entre elementos verticais da estrutura.

Tabela 11 – Observação das pontes térmicas lineares (fachada) – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

		$\Delta T_{\text{azul}} (T_{\text{min}})$, temperatura superficial máxima	$\Delta T_{\text{vermelho}} (T_{\text{max}})$, ver abreviaturas na Tabela 4				
		Escola	IV	CD	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{min}}(^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{max}}(^{\circ}\text{C})$
NÃO REMODELADAS	1-ESAN			1,3	15,4	16,7	
	2-EBSL			1,5	11,3	12,8	
	3-ESV	-	-	-	-	-	-
	4-ESJA	-	-	-	-	-	-
REMODELADAS	5- ESCR			1,0	16,4	17,4	
	6- ESGO			1,5	16,4	17,9	
	7-ESSR	-	-	-	-	-	-
	8-ESP	-	-	-	-	-	-

Mantendo-se ainda no campo das pontes térmicas presentes nas fachadas, na Tabela 12, é particularizado o referente às pontes térmicas planas.

Principiando pela 3-ESV, a inexistência de isolamento térmico e o incorreto tratamento da ponte térmica plana (pilar/fachada) potenciam a presença de humidade. Verifica-se a mudança de cor ao longo do perfil assinalado no termograma. O mesmo é evidenciado na figura seguinte, na ligação viga/fachada.

Na 4-ESJA, é possível verificar o incorreto tratamento da ponte térmica plana (pilar/fachada) tanto no interior como no exterior da fachada – identifica-se claramente os pilares a cor mais escura e a imperfeita linearidade da parede (distribuição em *degrade*). Auxiliada à falta de isolamento térmico, poderão ser responsáveis pela presença de humidade.

Na análise dos edifícios escolares não intervencionados, concluiu-se novamente que a reavaliação da vedação dos elementos construtivos teria de ser tida em conta.

Diferentemente das análises anteriores, na 7-ESSR, a ΔT na zona da ponte térmica plana (pilar/fachada) pode dever-se à solução construtiva adotada. Como se verifica na Figura 39, as placas de gesso cartonado estão encostadas aos elementos de betão, o que não acontece na restante parede. Possível razão pela qual o pilar, no registo termográfico, aparece com variações de temperatura.

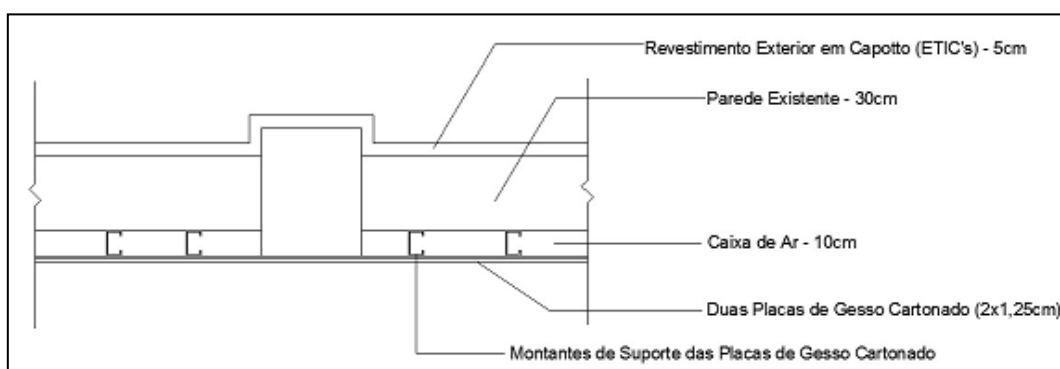
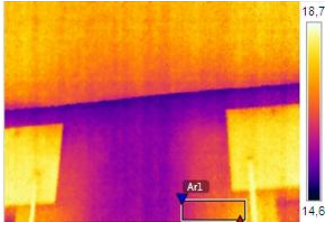

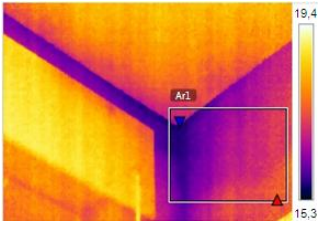

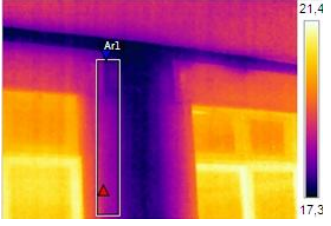

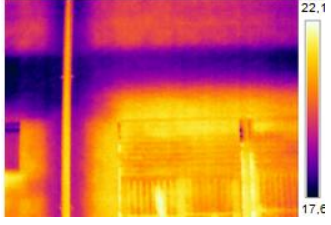
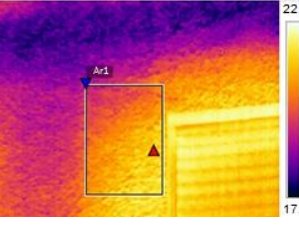
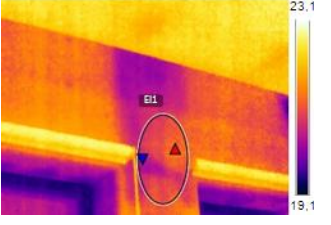
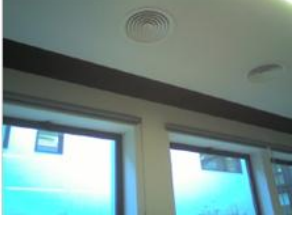


Figura 39 – Pormenor da planta da parede exterior da 7-ESSR

Tabela 12 – Observação das pontes térmicas planas (fachada) – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelho (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

Escola	IV	CD	ΔT (°C)	T_{\min} (°C)	T_{\max} (°C)
1-ESAN	-	-	-	-	-
2-EBSL	-	-	-	-	-
NÃO REMODELADAS			1,1	16,7	17,8
			1,8	16,2	18,0
			1,4	17,7	19,1
			2,1 ¹	19,2	21,3
5-ESCR	-	-	-	-	-
6-ESGO	-	-	-	-	-
REMODELADA			0,7	20,8	21,5
8-ESP	-	-	-	-	-

¹ Registo exterior da imagem anterior

Na Tabela 13, consta a análise das particularidades de alguns pontos especiais selecionados para a escola 7-ESSR.

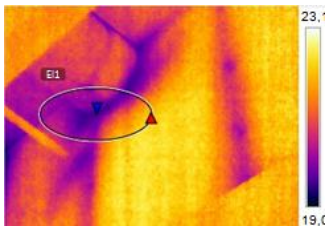

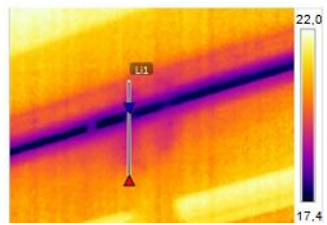

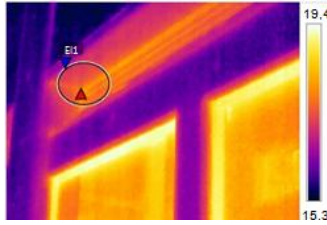

No primeiro termograma é evidenciada uma variação de temperatura no perímetro do sistema de ventilação. O isolamento da conduta não tem continuidade no atravessamento da parede, levando a que o ar, que circula no interior da conduta (inferior à temperatura ambiente da sala) arrefeça a parede na zona de atravessamento.

Os restantes registos IV mostram heterogeneidades na fachada na zona das grelhas, tanto pelo interior como exterior. As grelhas não apresentam qualquer tipo de resistência térmica – falta de dados referentes às características das grelhas que permitam concluir se a diferença de temperatura resulta das próprias características.

No exterior é possível visualizar a transferência de temperatura, do interior para o exterior, possivelmente devido à falta de isolamento.

Retomando a ideia das anteriores análises, o conhecimento das soluções construtivas do objeto a analisar é imprescindível para uma boa prática de inspeção.

Tabela 13 – Particularidades da escola 7-ESSR – termograma (IV) e registo digital (CD), variação de temperatura superficial do perfil assinalado no termograma (ΔT), temperatura superficial mínima – Δ azul (T_{\min}), temperatura superficial máxima – Δ vermelha (T_{\max}), ver abreviaturas na Tabela 4

		(T _{min}), temperatura superficial máxima e mínima (T _{max}), ver abreviaturas na Tabela 4				
Escola	IV	CD	ΔT (°C)	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	
NÃO REMODELADAS	1-ESAN	-	-	-	-	-
	2-EBSL	-	-	-	-	-
	3-ESV	-	-	-	-	-
	4-ESJA	-	-	-	-	-
REMODELADAS	5-ESGO	-	-	-	-	-
	6-ESCR	-	-	-	-	-
	7-ESSR			1,3	20,5	21,8
				2,6	18,1	20,7
				1,4	16,7	18,1
	8-ESP	-	-	-	-	-

4.3. Caso 2

As inspeções realizadas neste segundo estudo têm como finalidade a análise de edifícios de habitação, com a intenção de avaliar um equipamento complementar – a porta ventiladora – para as inspeções termográficas, nomeadamente:

- capacidade de detetar patologias que apenas com a câmara termográfica não seria possível identificar;
- identificação da localização das zonas onde se encontram as fugas de ar que eventualmente existam.

Na Tabela 14, abaixo apresentada, faz-se uma análise da parte superior do vão envidraçado, com um exemplo de cada casa em estudo.

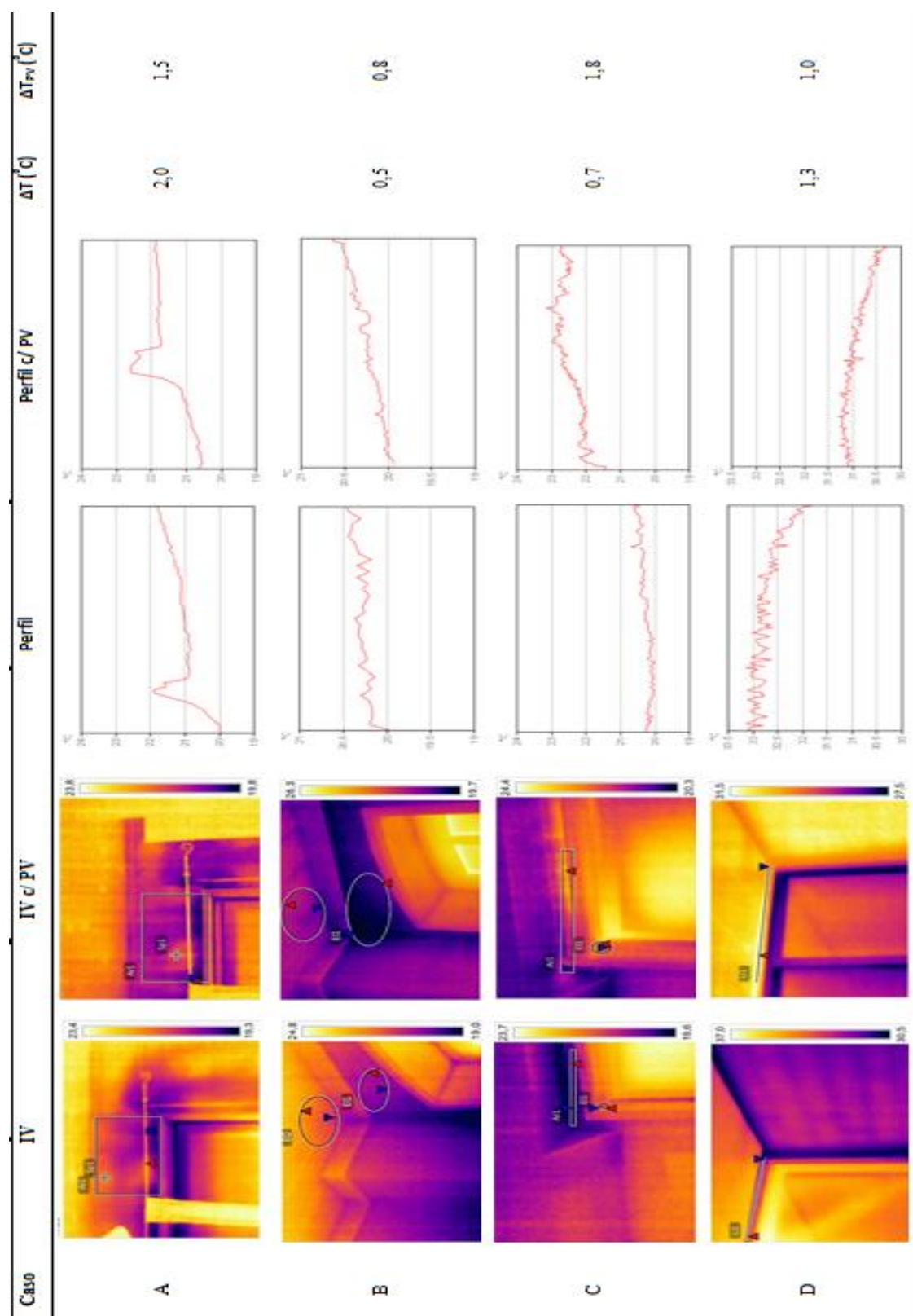
No caso A, a diferença entre os dois ΔT 's não é significativa. Também é possível reconhecer, na comparação dos perfis, que as curvas de variação de temperatura são praticamente idênticas – a saliência deve-se ao varão de suporte da cortina. Verifica-se, assim, que o ensaio da porta ventiladora é desnecessário nesta situação. Para além do ΔT elevado, no exame dos termogramas, a distribuição de temperaturas não linear (alteração de cores) ao longo da parede, denuncia que a qualidade da construção é deficiente.

Passando para a habitação B, não se deparou com heterogeneidades de temperatura significativas na zona superior do vão envidraçado. São de realçar a homogeneidade e a horizontalidade das curvas dos perfis de variação de temperatura. Desta forma, conclui-se que o auxílio do equipamento não é relevante.

Já no caso C, a utilização do equipamento é fundamental para deteção da anomalia. Verificou-se que é possível distinguir com clareza as diferenças de temperatura e o local onde se situa a infiltração de ar com a ajuda da porta ventiladora, irreconhecíveis na imagem termográfica sem assistência – a curva do perfil de variação encontra-se muito próxima do horizontal.

A última habitação não evidencia alteração de ΔT significativa que possa requerer a colaboração do ensaio da porta ventiladora. Apesar da escala de temperatura afastada, os perfis formam uma curva semelhante. Esta separação e o ΔT elevado podem dever-se à exposição solar que a sala, orientada a Oeste, recebeu, pois a inspeção foi realizada ao final do dia.

Tabela 14 – Observação da parte superior do vão envidraçado – termograma (IV) com e sem auxílio do ensaio de porta ventiladora (PV), gráfico de variação de temperatura do perfil assinalado no termograma (entre o Δ azul e vermelho²) e respetiva variação de temperaturas (ΔT), ver abreviaturas na Tabela 5



² Em casos onde se é confrontado com objetos sem interesse na análise, que estão inseridos no perfil, o Δ vermelho é substituída por um ponto – Sp1.

Seguidamente, na Tabela 15, são examinados alguns dos perímetros dos vãos envidraçados.

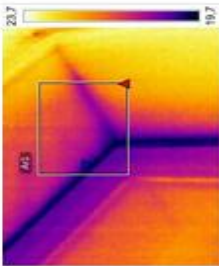
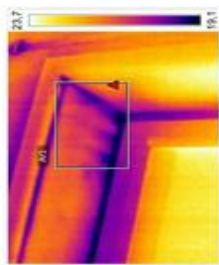
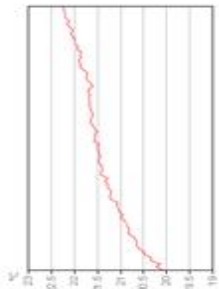
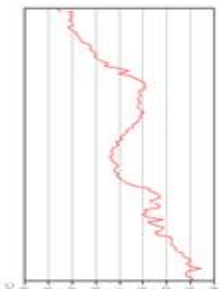
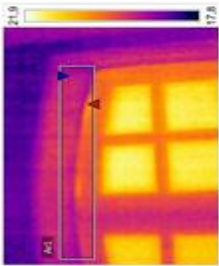
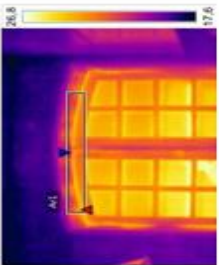

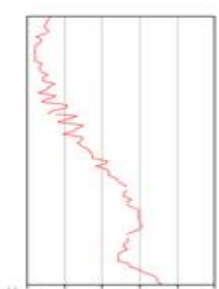
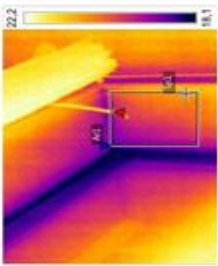
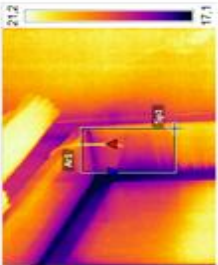
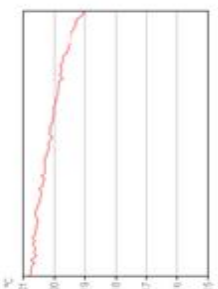
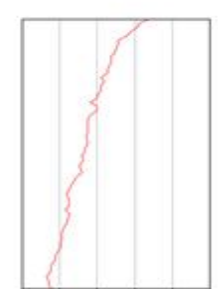
Mantendo um ΔT elevado, o caso A não demonstra mudanças com a intervenção da porta ventiladora, apesar de, neste caso, a utilização do equipamento ter a vantagem da localização exata da fuga.

Contrariamente à situação da tabela anterior, na segunda habitação é claro o apoio da porta ventiladora. Para além desta certeza ser comprovada na visualização dos termogramas, a disparidade abrupta registada nos gráficos dos perfis de temperatura e respetivos ΔT 's também ajudam à sua compreensão.

No caso C, fiel à análise da Tabela 14, identifica-se nitidamente o ponto de fuga com a ajuda do equipamento complementar. O aumento da variação de temperatura no segundo perfil deve-se à entrada de ar, invisível no gráfico anterior, que não recorre à pressão artificial – diferença de 1,0 °C entre ΔT 's.

Relacionando os termogramas com o apoio da porta ventiladora, as áreas preenchidas com ar apresentam-se com temperaturas superficiais mais baixas nos casos A e C e mais altas no outro. Isto deve-se ao facto da temperatura ambiente exterior, no caso B, ser superior à temperatura ambiente interior e nos outros casos acontecer o contrário ou a temperatura simplesmente não variar.

Tabela 15 – Observação do perímetro dos vãos envidraçados – termograma (IV) com e sem auxílio do ensaio de porta ventiladora (PV), gráfico de variação de temperatura do perfil assinalado no termograma (entre o Δ azul e vermelho³) e respetiva variação de temperaturas (ΔT), ver abreviaturas na Tabela 5

Caso	IV	IV c/ PV	Perfil	Perfil PV	ΔT (°C)	ΔT_{PV} (°C)
A					2,3	3,0
B					1,0	3,4
C					1,8	2,8
D						

³ Em casos onde se é confrontado com objetos sem interesse na análise, que estão inseridos no perfil, o Δ vermelho é substituída por um ponto – Sp1.

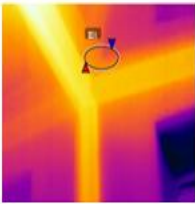
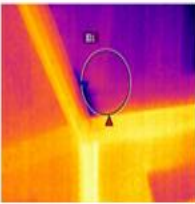
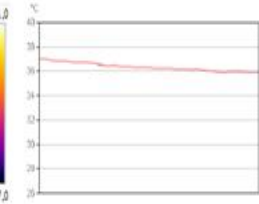
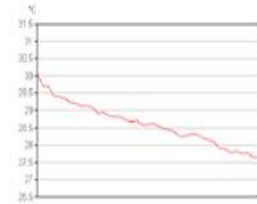
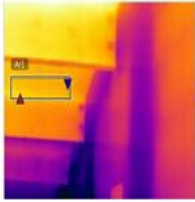
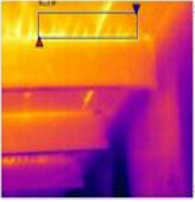
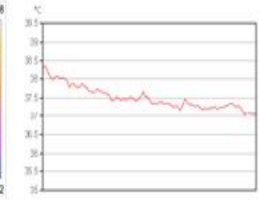
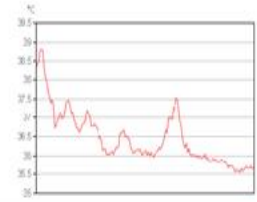
A última tabela analisa algumas das peculiaridades do caso D.

Uma particularidade é a visualização de uma abertura de ar na claraboia, quando aplicado o ensaio da porta ventiladora.

Na ausência do equipamento, o ΔT existente poderá dever-se ao efeito refletor do envidraçado e à existência de radiação solar, pois o teste foi realizado durante o final da tarde.

No segundo termograma, vê-se com clareza a localização das fugas de ar existentes no teto em madeira, que não seriam reconhecidas sem o auxílio do equipamento. Analisando o gráfico inicial, até mais de metade do perfil a variação de temperatura não ultrapassa os $0,5^{\circ}\text{C}$. O súbito acréscimo de 1°C poderia apenas dever-se ao efeito de sombreamento, se não fosse comparado ao outro perfil.

Tabela 16 – Particularidades de algumas casas – termograma (IV) com e sem auxílio do ensaio de porta ventiladora (PV), gráfico de variação de temperatura do perfil assinalado no termograma (entre o Δ azul e vermelha) e respetiva variação de temperaturas (ΔT), ver abreviaturas na Tabela 5

Caso	IV	IV c/ PV	Perfil	Perfil c/ PV	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_{PV} (^{\circ}\text{C})$
A/B/C					1,1	2,3
D					1,4	3,7

5. Conclusões

5.1. Síntese crítica dos resultados

Muitos dos fatores que interferem na execução dos termogramas, como a presença de fontes externas de calor e condições envolventes da medição, não são totalmente controláveis *in situ*, podendo levar a resultados erróneos. Devem, por isso, ser tidas em conta na análise dos resultados.

Nos edifícios escolares, verificou-se que os termogramas de cada grupo de escolas, tanto remodeladas como não remodeladas, apresentam entre si uma escala de temperatura superficial semelhante. As paredes exteriores analisadas evidenciam quase sempre heterogeneidades na distribuição da temperatura superficial. Fatores que lhe poderão estar associados são o estado de degradação e conservação dos materiais. Porém, a necessidade de isolamento e impermeabilização são dos pontos mais evidentes das salas que requerem intervenção. Intervenção com material adequado, que permita estanquidade, e aditivos de materiais hidrófugos, preservadores da humidade, para uma boa permeabilidade ao ar, à água e indeformabilidade ao vento, constitui um conjunto de elementos condutores a uma menor heterogeneidade de temperaturas das paredes.

Quanto aos edifícios residenciais verificou-se que, só com o recurso à câmara termográfica, não é possível visualizar diferenças de temperatura. Com a ajuda da porta ventiladora, apresenta melhoramentos nas imagens. Nas situações em que o auxílio da porta ventiladora não é relevante nos termogramas, auxilia na deteção do local das fugas de ar.

O cuidado em examinar os termogramas sob a influência da radiação solar foi um fator crucial para analisar o caso D, por a inspeção ter sido realizada ao final do dia. A utilização dos gráficos de temperatura (Tabelas 14-16) é importante para uma interpretação mais cuidada e mais eficaz.

5.2. Conclusões finais e desenvolvimentos futuros

A termografia oferece grande potencial para a avaliação térmica de edifícios. A rapidez de execução e fácil manejo, aliado à capacidade de armazenamento e análise das imagens captadas durante a inspeção, são as principais vantagens.

Apontam-se no entanto algumas condicionantes à utilização desta técnica tais como as condições climáticas, as características dos elementos, nomeadamente o reconhecimento da emissividade de algumas superfícies, e a experiência do utilizador na execução dos ensaios, leitura e interpretação dos termogramas.

A identificação das soluções construtivas inspecionadas é imprescindível para a análise dos termogramas. O mesmo acontece com a exposição à radiação solar, ou mesmo à chuva, dos elementos a inspecionar. Por isso, é aconselhável determinar muito bem a hora do dia a que se faz a inspeção – para o interior, na alta madrugada, otimizando a foto digital (à noite não se capta o registo CD).

Surgiram algumas dúvidas nas inspeções no local, no que respeita à presença de materiais distintos na mesma área a analisar. Felizmente, nesta situação, a emissividade dos diferentes materiais era a mesma, ou muito semelhante. Se porventura fosse distinta, haveria dificuldade no tratamento da ocorrência.

Apesar de todas as condicionantes presentes, com este estudo, a termografia revelou-se numa boa técnica para a identificação de pontes térmicas, fugas de ar e heterogeneidades de temperatura, que permitem detetar humidades e falta de isolamento.

A associação da termográfica com a porta ventiladora permitiu, na análise individual, adicionar dados que passariam despercebidos, e, afinal, alteraram os resultados. A porta ventiladora foi muito útil nas inspeções dos perímetros dos vãos envidraçados, tanto na deteção de ausência de homogeneidade da temperatura, como na localização de fugas.

A conjugação destas técnicas permite reduzir a subjetividade e aumentar a fiabilidade do diagnóstico.

A norma europeia de referência resulta de um padrão adequado para realização de inspeções. Entretanto, pelas características climáticas, horas de sol e condicionantes locais de cada zona geográfica, como a Península Ibérica, convém desenvolver recomendações específicas sobre a metodologia de inspeção, para facilitar o trabalho e incentivar a busca de condições adequadas que permitam a deteção de anormalidades com um maior grau de fiabilidade.

Desenvolveu-se uma metodologia de inspeção e demonstrou-se a importância da técnica da termografia, com baixo grau de intrusão e reduzido custo de manutenção e utilização, em ensaios *in situ*.

A fim de aumentar conhecimentos e experiências reais sobre o desempenho térmico dos edifícios, seria aconselhável promover esta técnica com seminários e *workshops*, junto da comunidade: técnica, engenharia e arquitetura social, utilizadores dos edifícios em geral.

Também as instituições dedicadas à conservação de energia e controle deverão desenvolver programas de construção de monitoramento termográfico dos novos edifícios, realizando inspeções periódicas que permitam analisar mais adequadamente a sua evolução.

Bibliografia

Abrantes V. & Freitas V.P., 1993. O isolamento térmico da envolvente dos edifícios face ao novo regulamento, ISBN:972-95969-0-5. Odivelas.

Abreu M.I., 2003. Correção de Pontes Térmicas em Intervenções de Reabilitação. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. (Dissertação de Mestrado) pp.27-29.

Active Through Passive, s.d. Planning of Energy Efficient Buildings. In: <http://www.activethroughpassive.eu/userfiles/files/E-book-download.pdf> (consultado em 23 de Abril de 2013).

Assotermografia – Community Italiana Termografia. Normative internazionali e Nazionali sulla termografia. In: <http://www.assotermografia.it/norme-termografia/>

ASTM C1153, 2010. Standard Practice for Location of Wet Insulation in Roofing Systems Using Infrared Imaging, American Society for Testing and Materials. ASTM International, USA.

ASTM C1060, 2011a. Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings, American Society for Testing and Materials. ASTM International, USA.

ASTM E1186-03, 2003. Standard Practices for Air Leakage Site Detection in Building Envelopes and Air Barrier Systems, American Society for Testing and Materials. ASTM International, USA.

ASTM E1543-00, 2011. Standard Test Method for Noise Equivalent Temperature Difference of Thermal Imaging Systems, American Society for Testing and Materials. ASTM International, USA.

ASTM E1933-99a, 2010. Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers, American Society for Testing and Materials. ASTM International, USA.

Barreira, E.S., 2004. Aplicação da termografia ao estudo do comportamento higrotérmico dos edifícios. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. (Dissertação de Mestrado).

Barreira E.S., Freitas P.V., Delgado J.M., & Ramos N.M., 2012. Thermography Applications in the Study of Buildings Hygrothermal Behaviour. Infrared Thermography, ISBN: 978-953-51-0242-7, InTech.

BS 1767, 1999. Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures. Test Methods. Infrared Analysis, British Standard. British-Adopted European Standard.

Coleman, G. R., 2006. Condensation – The Basics. RTS – Remedial Thecnical Services.

Crespo J.P. & Rodríques J.R., 2009. Inspección termográfica de fachadas de edificios. Comentarios a la Norma Europea EN 13187. G.O.C. S.A., Vigo.

Emeraude Thermographie & infiltrométrie, 2010. Rapport d’inspection thermographique. In: http://www.emeraude-thermographie.fr/pages/27/thermographie_inspection_de_sites_thermographie_habitat_exemple_rapports_ille_et_vilaine_bretagne (consultado em 20 Março 2013)

EN 13187, 1998. Thermal Performance of Buildings - Qualitative Detection of Thermal Irregularities in Building Envelopes - Infrared Method (ISO 6781:1983, modified), European Standards. European Committee for Standardization (CEN).

EN 10211, 2007. Thermal Bridges in Building Construction - Heat Flows and Surface Temperatures - Detailed Calculations, European Standards. European Committee for Standardization (CEN).

EN 13829, 2000. Thermal Performance of Buildings. Determination of Air Permeability of Buildings. Fan Pressurization Method, European Standards. European Committee for Standardization (CEN).

Faria L.M., 2011. Aplicação da Termografia ao Diagnóstico de Edifícios. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. (Dissertação de Mestrado).

FLIR, 2008. Manual do utilizador – FLIR B e T series. N°Pub 1558809. FLIR SYSTEMS.

FLIR, 2011. Thermal imaging guidebook for building and renewable energy applications. FLIR Systems.

Freitas P. V. & Sousa M., s.d. Ficha 10: Parede Exterior – Condensações Superficiais. Manchas de bolor nas paredes da instalação sanitária de uma habitação unifamiliar. PATORREB - Grupo de Estudo da Patologia da Construção.

FUTURENG, 2012. Humidade Relativa. In: <http://www.futureng.pt/humidade-relativa> (consultado em 12 de Julho de 2013)

Gaussorgues G., 1999. La thermographie infrarouge - Principes, Technologies, Applications. 4^a Édition. Edition TEC & DOC, Paris. pp. 17-45

Harper D.L., 2010. The Value of Infrared Thermography in the Diagnosis and Prognosis of Injuries in Animals. Termal Vet. VetMaps, Corrales, New Mexico.

Hart J.M., 1991. BR 176 A practical guide to infra-red thermography for building surveys. Garston, Watford, UK: BRE.

Holst G.C., 2000. Common sense approach to thermal imaging. SPIE – The International Society for Optical Engineering & JCD Publishing. Bellingham, Washington USA. pp. 183-190.

IACT – International Association of Certified Thermographers, 2013. In: http://iactthermography.org/standards_medical.html (consultado em 26 de Abril de 2013)

Ibarra-Castanedo et al, s.d. Active infrared thermography techniques for the nondestructive testing of materials, Capítulo X. Laboratoire de vision et Systèmes numériques, Laval University, Canada. pp. 3-12

Il Sole 24 ORE, 2005. Tecnologia e Business – Esame non distruttivo scopre fratture nascoste nei materiali. In: <http://www.ilsole24ore.com/fc?cmd=art&codid=20.0.1103811422&chId=30> (consultado em 20 de Setembro de 2013)

Inspectortools, 2013. Retrotec US1000 Blower Door System. In: <http://www.inspectortools.com/Retrotec-Model-1000-Blower-Door-p/reus1000.htm> (consultado em 3 de Agosto de 2013)

IRAS – Infrared Science Archive, 2012. Introduction to IRAS. In: <http://irsa.ipac.caltech.edu/IRASdocs/iras.html> (consultado em 11 de Julho de 2013)

ISO TC 135/SC 8, 1998. Infrared Thermography for Non-Destructive Testing, International Organization for Standardization.

ISO 6781, 1983. Thermal insulation -- Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes -- Infrared method, International Organization for Standardization.

ITS – International Thermographic Society, 1997. Protocol for Clinical Thermography. In: <http://www.thermographynow.org/> (consultado em 11 de Abril de 2013)

Pearson C., 2002. Thermal Imaging of Building Fabric: A best practice guide for continuous insulation. Bracknell, UK: BSRIA.

Júlio E.S, 2011. Reabilitação e reforço de Estruturas, Aula 06: 6.3 – Termografia de infra-vermelho. Instituto Superior Técnico. (Apresentação em Mestrado)

OZ – Diagnóstico, Levantamento e Controlo de Qualidade em Estruturas e Fundações, Lda, s.d. Método de Inspeção e ensaio: 1F 021 – Execução de levantamentos termográficos. In: <http://www.oz-diagnostico.pt/fichas/1F%20021.pdf>

RCCTE, 2006. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios. Decreto-Lei 80/2006, de 4 de Abril, nº 67. Diário da República — I SÉRIE-A.

Reyes M.G., 1995. Estudio y caracterización energética de los sistemas comerciales de Aire Acondicionado. Universidad Autónoma Metropolitana. (Seminário de projeto I e II). pp. 5-10

Ribeiro V., 2009. Termografia em Edifícios. Fluke Thermography Europe. (Apresentação)

Ricca R., s.d. L'utilizzo della termografia come strumento diagnostico in edilizia, s.d. INPROTEC & NEC Avio Infrared Technologies Co., Ltd

Rodrigues A.M., Piedade A.C. & Braga A.M., 2009. Térmica de Edifícios. 1ª Edição. Orion, Amadora. pp. 9-164

Santos C.R, s.d. Termografia – Um diagnóstico de recurso ou um recurso de diagnóstico?. In: <http://www.equisport.pt/pt/artigos/veterinaria/termografia> (consultado em 26 de Abril de 2013)

Saso E.R. & Torres R.V, 2010. Termografía IR & Test de Infiltraciones (BlowerDoor). RENAISSANCE. Universidad de Zaragoza. (Apresentação)

Serafim A.C., 2012. Análise in-situ do comportamento físico de argamassas de revestimento de fachadas. Instituto Superior Técnico. (Dissertação de Mestrado)

Sousa L.F., 2010. Aplicação da Termografia no Estudo do Isolamento Térmico de Edifícios. Universidade de Aveiro. (Dissertação de Mestrado)

Anexo I – Ficha de inspeção (tipo)

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício:

Ano de inauguração:

Estado: (Remodelada/Não remodelada)

Data de realização:

Hora início:

Hora fim:

Vista satélite com a localização geográfica
do edifício, assinalada a tracejado

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala:

Soluções construtivas				
Parede exterior/ Pilares/Vigas	Cobertura	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta

3. Dados climáticos

Estado do tempo:

Velocidade do vento:

Ventilação mecânica:

Ocupação:

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início		
Fim		

4. Plantas do elemento a analisar

Planta do edifício, assinalada a localização
da sala a inspecionar

Perspetiva do elemento em estudo, assinaladas a
localização das zonas inspecionadas

5. Registo das zonas a inspecionar

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			T_{inferior} (°C)	T_{superior} (°C)	ΔT (°C)

REGISTO I – Zona onde se encontra uma heterogeneidade de temperatura superficial mais relevante

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



b)

Medições:

°C

Ar1	Máx	
	Min	
	Média	
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	

Parâmetros:

Emissividade	
Temp. refl.	
Distância	
Temp. ambiente interior	
Temp. ambiente exterior	
Humidade relativa	
Temp. superficial do ponto de orvalho	

Variação da temperatura ao longo do perfil identificado no termograma

Observações:

Comentários:

Anexo II – Relatórios do Estudo 1

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (1-ESAN)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA ANTÓNIO NOBRE

Pavilhão A4, Piso 0, Sala 404

Rua Aval de Cima 128, 4200 Porto

Ano de inauguração: 1972

Estado: Não remodelada

Data de realização: 2/04/13

Hora início: 17h00

Hora fim: 18h45



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como o bloco onde se insere a sala, assinalado a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Norte

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (O e E) e ligada ao corredor central no lado S, com uma frente para o exterior (N).

Soluções construtivas				
Parede exterior	Pilares/Vigas	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Reboco interior	Laje	Vidro simples (4 mm)	Porta em
Tijolo	Betão armado	Camada de	Caixilharia de madeira	madeira
Caixa-de-ar		Regularização	Sem proteção exterior	
Tijolo		Mosaico		
Reboco exterior				

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Nuvens

Velocidade do vento: 0,34 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Inexistente

Ocupação: Desocupação a partir das 16h50.

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	16,5	15,3
Fim	15,9	15,4

4. Plantas da sala a analisar

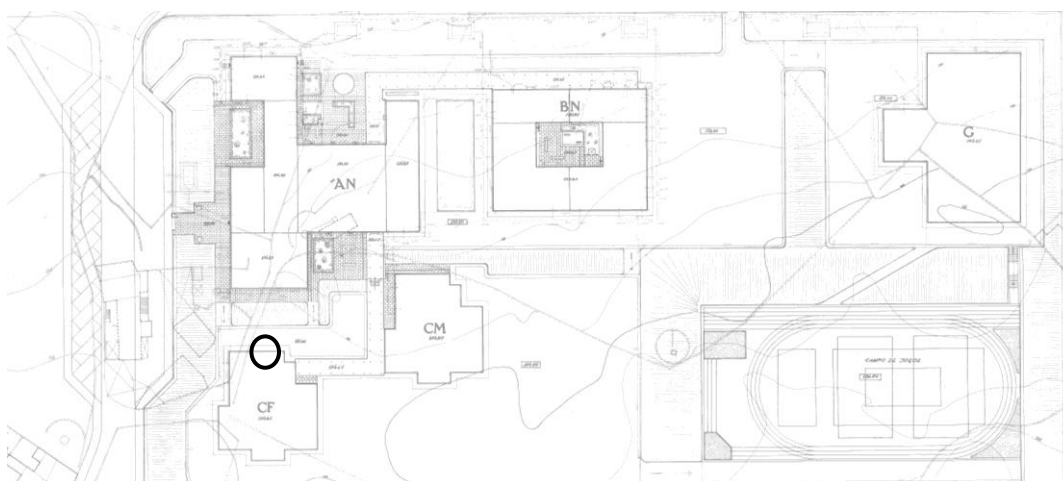


Figura 2 - Planta do edifício escolar, tendo assinalada a localização da sala a inspecionar (Fonte: Fábio Neves)



Figura 3 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado N

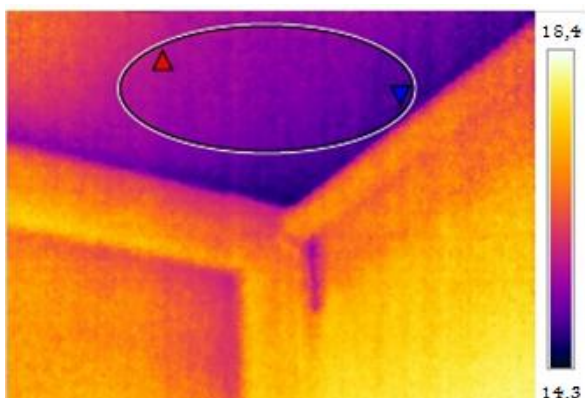
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A e B. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

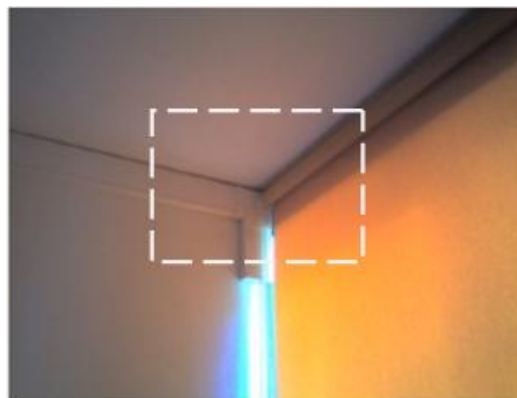
Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	A	15,4	16,3	0,9
II			15,6	16,8	1,2
III			15,4	16,7	1,3
IV		B	13,8	16,6	2,8
V			15,5	16,6	1,1
VI	Exterior	Betão (0,63) / Tinta vermelha (0,91)	14,8	16,8	2,0
VII			14,0	16,2	2,2

REGISTO I – Canto superior esquerdo da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



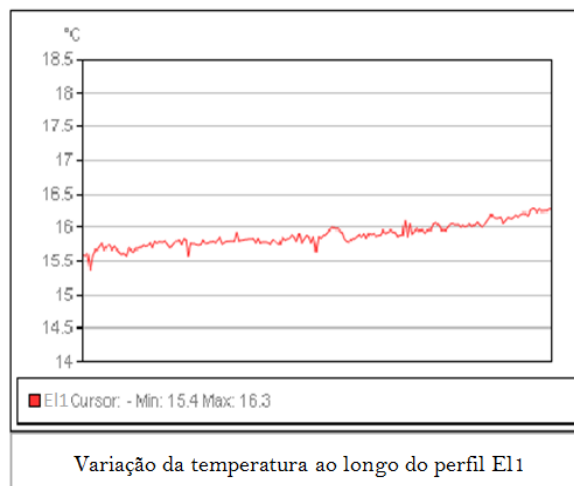
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	16,3
	Mín	15,4
	Média	15,8
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	0,9

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	16,5 °C
Temp. ambiente exterior	15,3 °C
Humidade relativa	61%
Temp. sup. ponto de orvalho	9,0 °C



Observações:

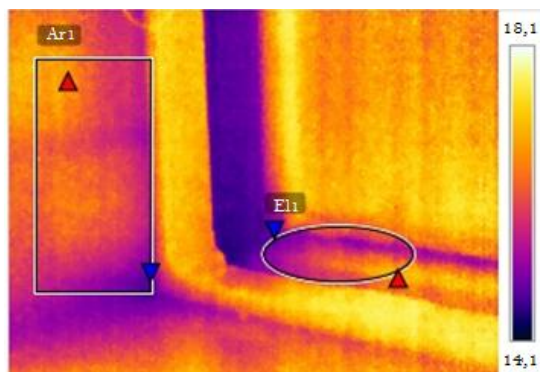
Visualização de heterogeneidade de temperatura na laje intermédia.

Comentários:

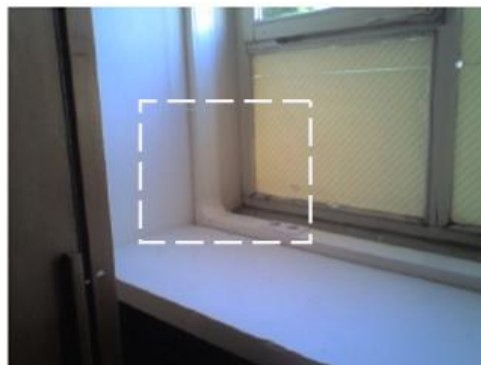
- Incorreto tratamento da ponte térmica na parede exterior potencia a presença de humidade;
- A argamassa utilizada no reboco não terá sido a mais adequada para o efeito – sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes, necessárias para evitar humidades.

REGISTO II – Canto esquerdo do vão inferior do envidraçado da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



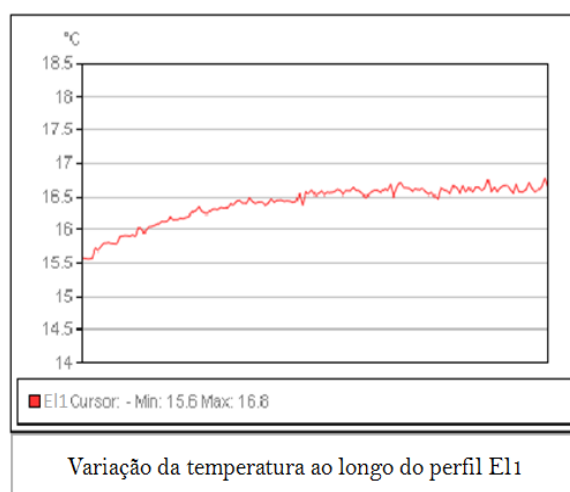
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,7
	Mín	15,5
	Média	16,2
El1	Máx	16,8
	Mín	15,6
	Média	16,2
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,2
	El1.Max - El1.Min	1,2

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	16,5 °C
Temp. ambiente exterior	15,3 °C
Humidade relativa	61%
Temp. sup. ponto de orvalho	9,0 °C



Observações:

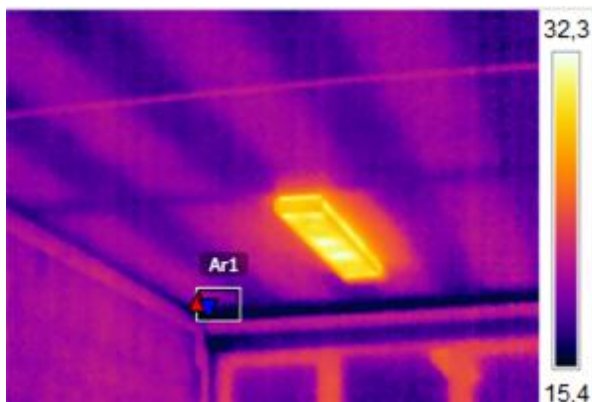
Entrada de ar na ligação do vão envidraçado ao peitoril e ombreira.

Comentários:

- A pressão exercida pelo vento possibilita a presença de humidade;
- Reservas quanto à estanquidade dos envidraçados;
- A vedação entre os elementos construtivos deverá ser reavaliada (a argamassa utilizada no reboco da reentrância entre o peitoril e ombreiras poderá não ser a mais conveniente – aditivos com materiais hidrófugos – bem como deficiente impermeabilização da ligação da fachada com a caixilharia);
- Verificar a adequabilidade dos envidraçados às solicitações: permeabilidade ao ar, à água e deformabilidade ao vento.

REGISTO III – Canto superior esquerdo da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



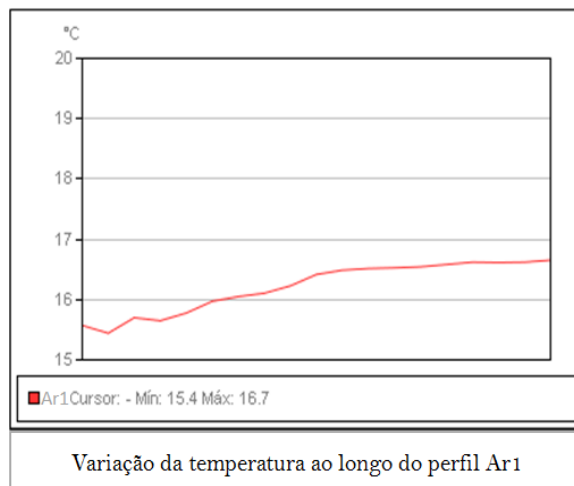
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,7
	Min	15,4
	Média	16,1
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,3

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	5 m
Temp. ambiente interior	16,5 °C
Temp. ambiente exterior	15,3 °C
Humidade relativa	61%
Temp. sup. ponto de orvalho	9,0 °C



Observações:

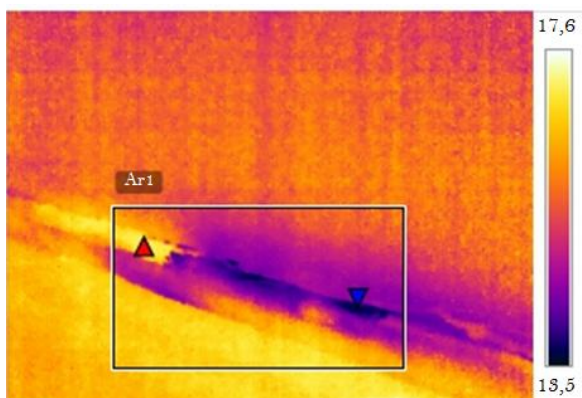
Identificação da estrutura da laje intermédia.

Comentários:

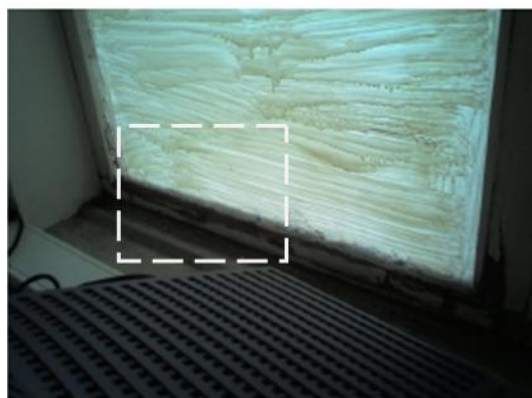
- A inexistência de isolamento térmico potencia a presença de humidade;
- Incorreto tratamento da ponte térmica na ligação de paredes verticais e fachada com pavimento intermédio.

REGISTO IV – Canto direito do vão inferior do envidraçado da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



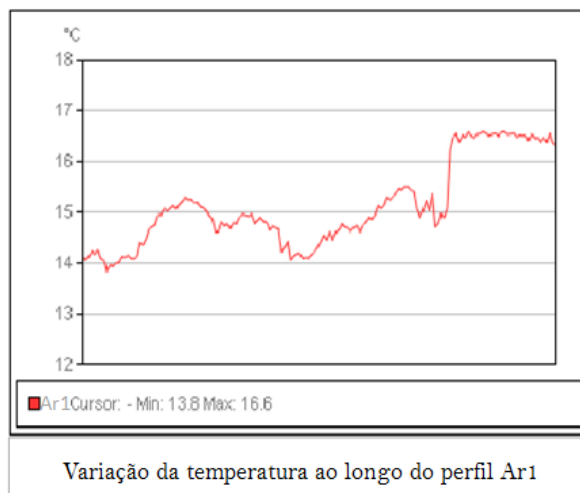
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,6
	Min	13,8
	Média	14,9
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	2,8

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	16,5 °C
Temp. ambiente exterior	15,3 °C
Humidade relativa	61%
Temp. sup. ponto de orvalho	9,0 °C



Observações:

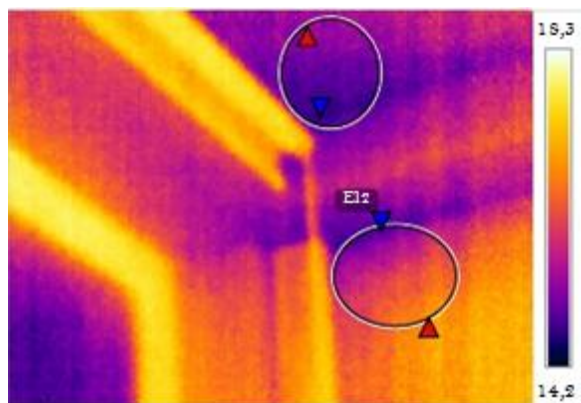
Caixilharia degradada.

Comentários:

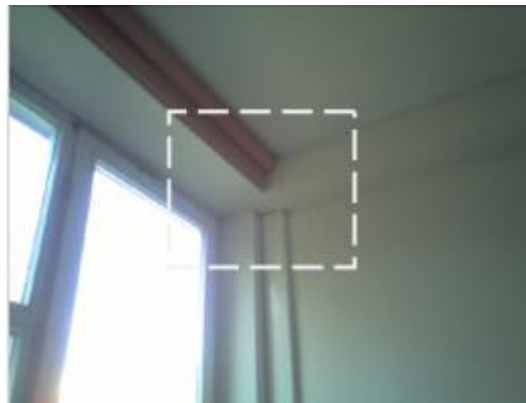
- A pressão exercida pelo vento possibilita a presença de humidade;
- Reservas quanto à estanquidade do envidraçado: a vedação deverá ser reavaliada (o material utilizado poderá não ser o mais adequado – aditivos com materiais hidrófugos – bem como deficiente impermeabilização da ligação da fachada com a caixilharia);
- Revisão da adequabilidade dos envidraçados à permeabilidade ao ar, à água, incluindo características funcionais da caixilharia.

REGISTO V – Canto superior direito da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



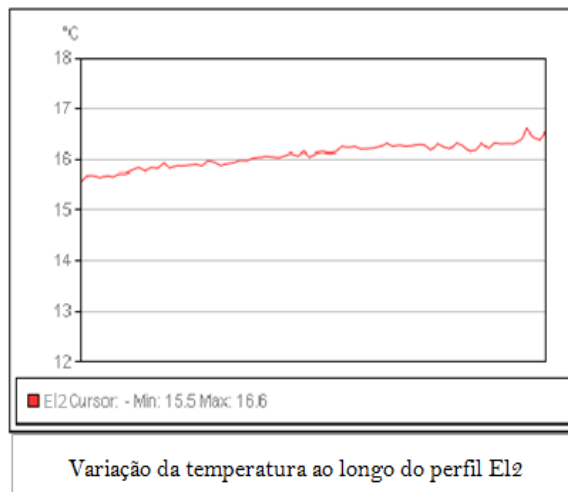
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	16,1
	Min	15,4
	Média	15,7
El2	Máx	16,6
	Min	15,5
	Média	16,1
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	0,7
	El2.Max - El2.Min	1,1

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	16,5 °C
Temp. ambiente exterior	15,3 °C
Humidade relativa	61%
Temp. sup. ponto de orvalho	9,0 °C



Observações:

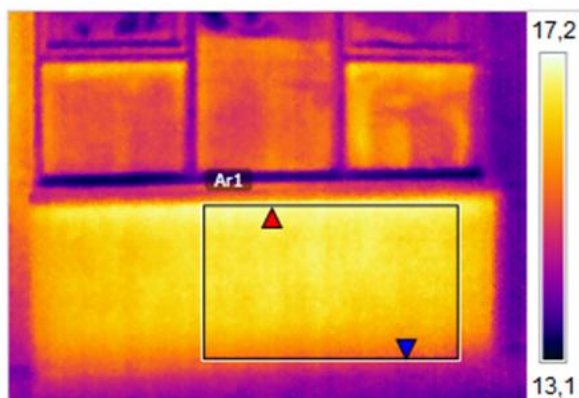
Visualização de heterogeneidade de temperatura na ligação das paredes à estrutura.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica da fachada com pavimento intermédio;
- A argamassa utilizada no reboco não terá sido a mais adequada para o efeito – sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes necessárias para evitar humidades.

REGISTO VI – Parte inferior do vão envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



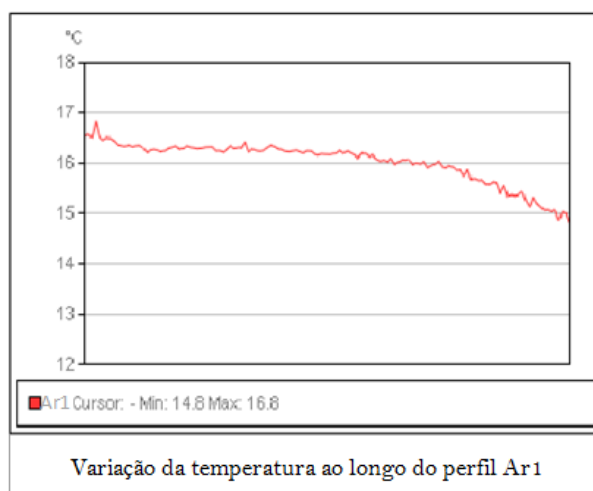
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,8
	Min	14,8
	Média	16,2
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		2,0

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	5,8 m
Temp. ambiente interior	15,9 °C
Temp. ambiente exterior	15,4 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	6,2 °C



Observações:

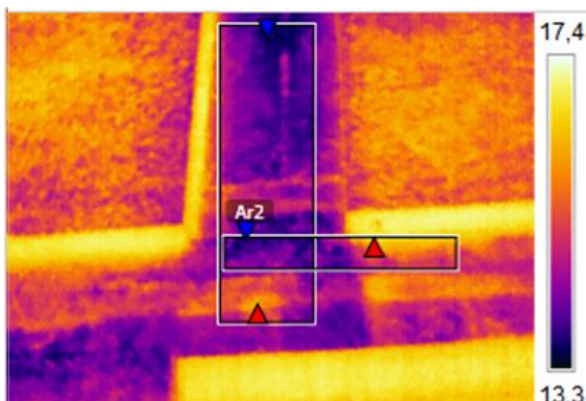
Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior e na parte inferior da caixilharia.

Comentários:

- Existência de caixa-de-ar na parte inferior da parede;
- O efeito de sombreamento altera a homogeneidade do elemento construtivo (a inspeção foi realizada no final da tarde);
- O estado de conservação da caixilharia também é verificado como no Registo IV;
- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por efeito ascensional.

REGISTO VII – Canto esquerdo do vão superior do envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



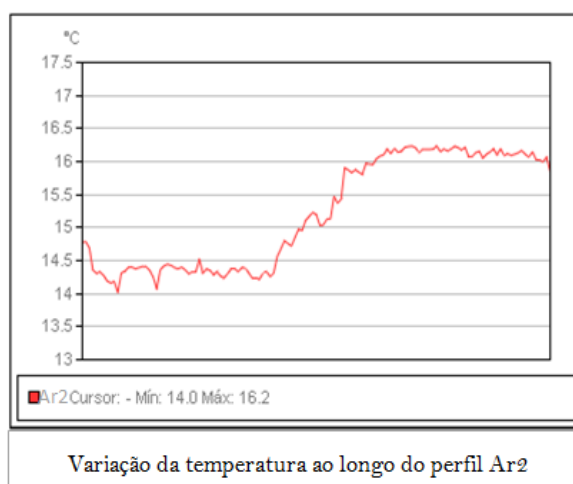
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	15,9
	Mín	14,0
	Média	14,8
Ar2	Máx	16,2
	Mín	14,0
	Média	15,0
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,9
	Ar2.Max - Ar2.Min	2,2

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	15,9 °C
Temp. ambiente exterior	15,4 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	6,2 °C



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura na estrutura.

Comentários:

- O efeito de sombreamento altera a homogeneidade do elemento construtivo;
- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização e utilização de aditivos com materiais hidrófugos, devido à presença de humidade.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (2-ESL)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA DE LORDELO

Bloco B, Piso 0, Sala 6B

Estrada Nacional 209, 4580-439 Lordelo, Paredes

Ano de inauguração: 1973

Estado: Não remodelada

Data de realização: 5/04/13

Hora início: 14h00

Hora fim: 18h45



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Nordeste (NE)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (NO e SE) e ligada ao corredor central no lado NO, com frentes a NE e SE (pátio) para o exterior.

Soluções construtivas				
Parede exterior/ Pilares/Vigas	Cobertura	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta
Betão à vista	Telha Fibrocimento	Laje	Vidro simples	Porta em
	Laje Betão	Camada de	Caixilharia de	madeira
	Aglomerado negro de	Regularização	madeira	
	cortiça ou reboco	Mosaico	Sem proteção	
	branco (na zona A)		exterior	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Aguaceiros

Velocidade do vento: 0,38 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Inexistente

Ocupação: Desocupação a partir das 13h

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	16,9	18,0
Fim	16,6	15,8

4. Plantas da sala a analisar

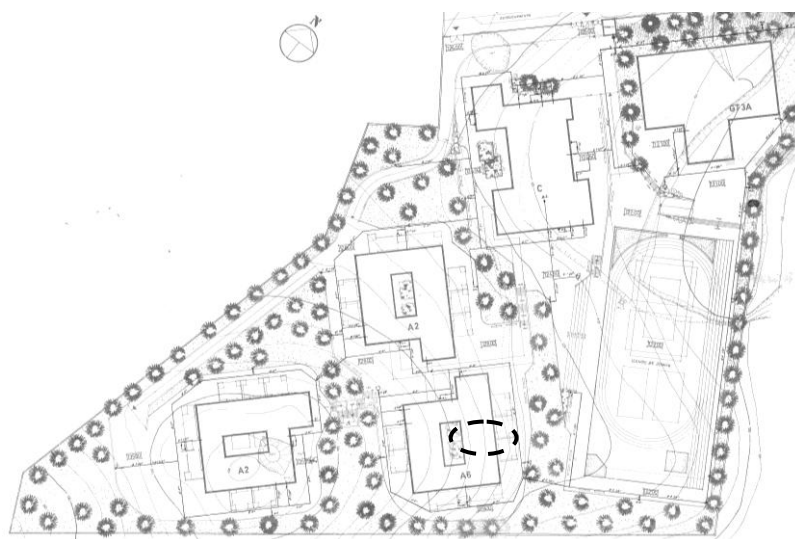


Figura 2 - Planta do edifício, tendo assinalada a localização da sala a inspecionar (Fonte: Fábio Neves)



Figura 3 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado NE

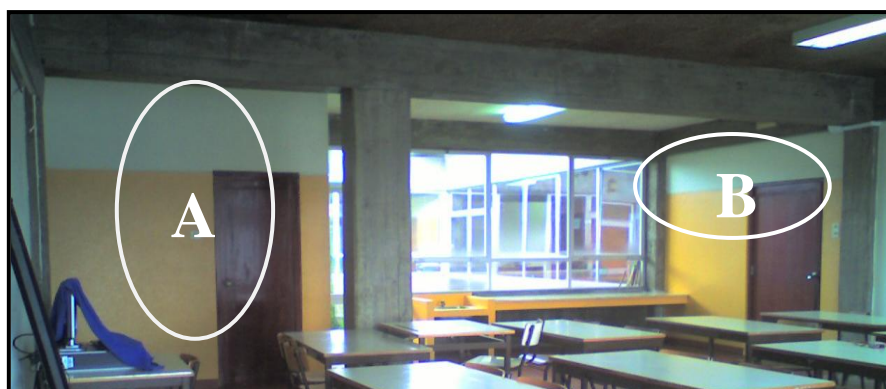


Figura 4 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado SO

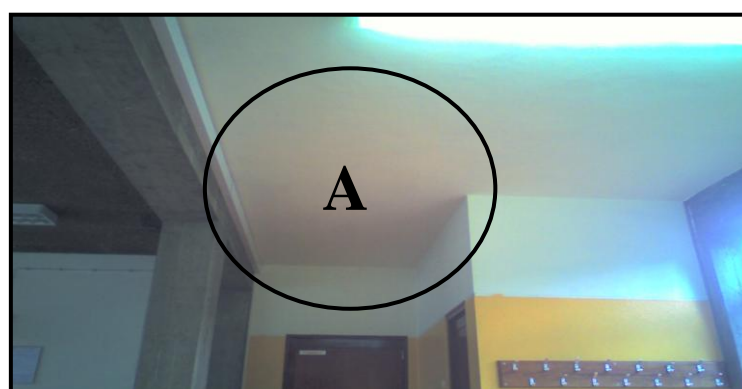


Figura 5- Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado NO

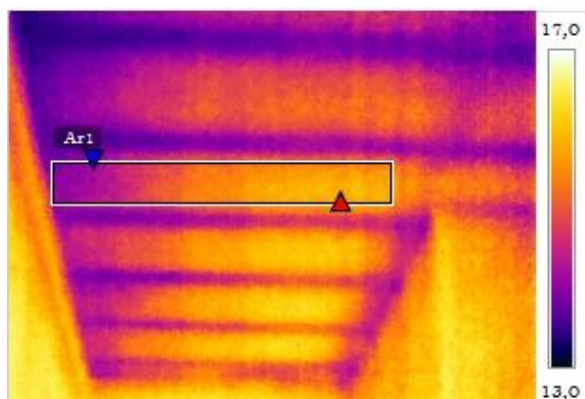
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B, C e D. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ε)	Temperaturas			
			T _{inferior} (°C)	T _{superior} (°C)	ΔT (°C)	
I	Interior	A	Reboco (0,91)	14,4	15,8	1,4
II		B	Betão (0,63)	11,3	12,8	1,5
III		C	Reboco (0,91)	14,8	16,4	1,6
IV				11,7	16,3	4,6
V				14,5	16,7	2,2
VI				13,5	15,6	2,1
VII			D	Betão (0,63)	11,7	16,8
VIII		Exterior		11,9	17,2	5,3
IX			14,1	18,2	4,1	

REGISTO I – Laje de teto (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



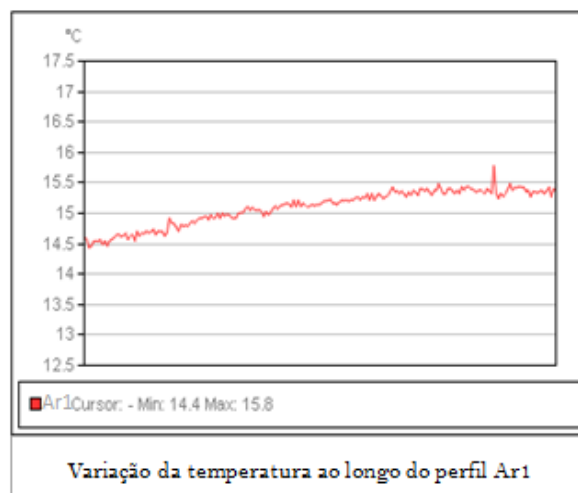
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	15,8
	Min	14,4
	Média	15,1
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,4

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C

Observações:

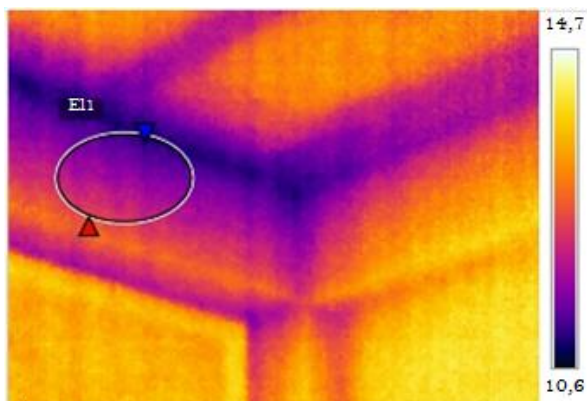
Identificação da estrutura na laje de teto.

Comentários:

- A inexistência de isolamento térmico potencia a presença de humidade por condensação (a temperatura superficial mínima interior fica apenas a 1,3°C acima do ponto de orvalho, sendo provável o aparecimento de condensações superficiais).

REGISTO II – Canto superior direito da parede exterior SO (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



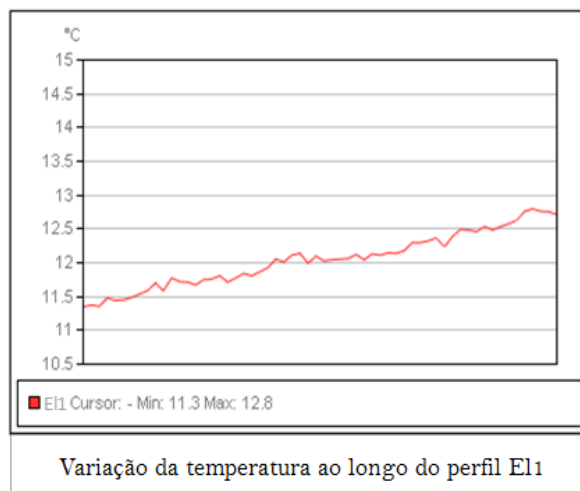
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	12,8
	Mín	11,3
	Média	12,1
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	1,5

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	4 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C



Observações:

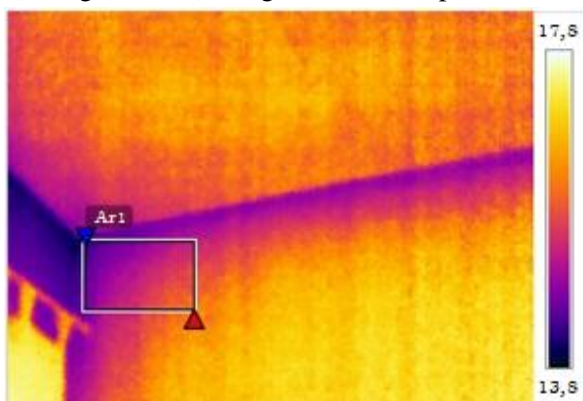
Identificação da estrutura da laje de teto.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica (cobertura/parede interior) potencia a presença de humidade;
- A inexistência de isolamento térmico possibilita a presença de humidade por condensação (a temperatura superficial mínima interior é inferior à do ponto de orvalho, resultando o aparecimento de condensações superficiais);
- A argamassa utilizada no reboco das reentrâncias poderá não ter sido a mais adequada para o efeito (sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes necessárias para evitar humidades).

REGISTO III – Canto superior direito da parede exterior NE (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



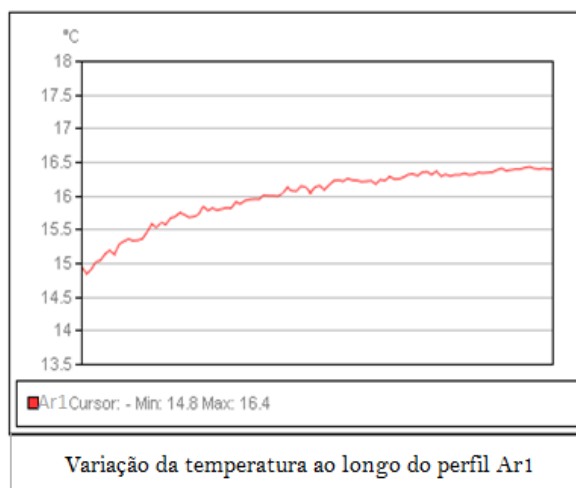
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,4
	Mín	14,8
	Média	15,8
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,6

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C



Observações:

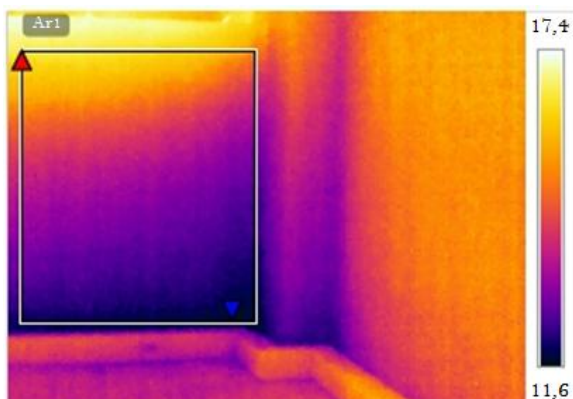
Identificação da estrutura.

Comentários:

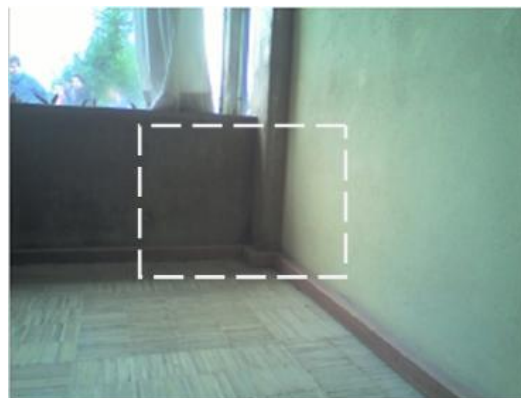
- Incorreto tratamento da ponte térmica (cobertura/parede interior) potencia a presença de humidade – incorreta aplicação do aglomerado negro de cortiça;
- A inexistência de isolamento térmico possibilita a presença de humidade por condensação;
- A argamassa utilizada no reboco das reentrâncias poderá não ter sido a mais adequada para o efeito (sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes necessárias para evitar humidades).

REGISTO IV – Canto direito do vão inferior do envidraçado da parede exterior NE (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



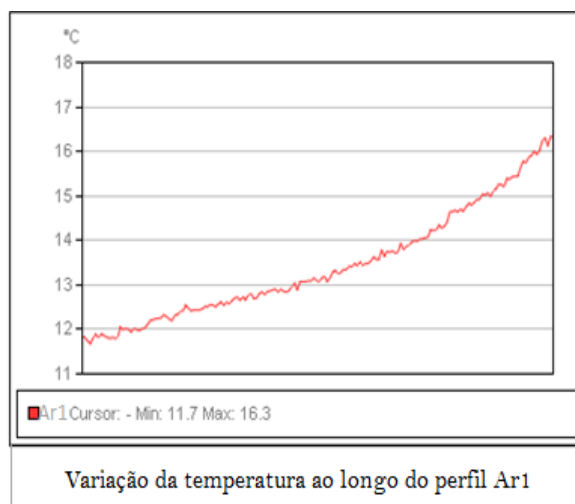
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,3
	Mín	11,7
	Média	13,3
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	4,6

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C



Observações:

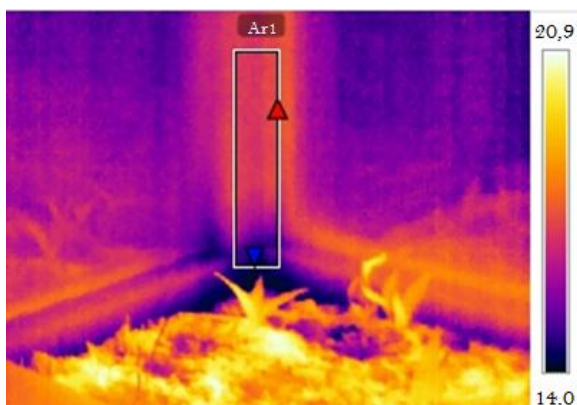
Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por condensação;
- Possível condução da humidade da fundação para as paredes por efeito ascensional;
- “Canteiro” influencia a humidade e temperatura da parede, uma vez que se trata de uma área ajardinada, evidencia presença de humidade nos elementos que a delimitam.

REGISTO V – Envidraçado direito da parede exterior (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



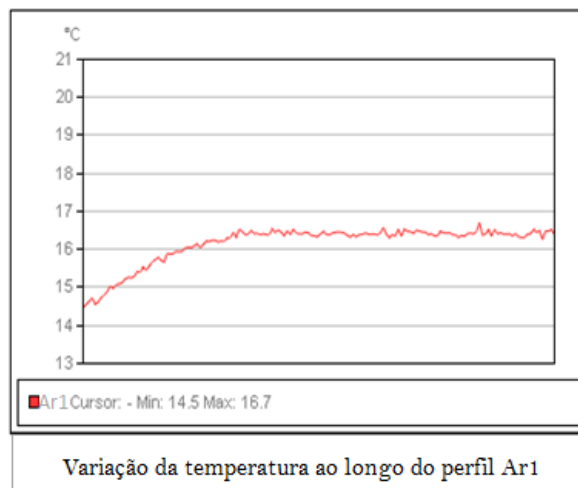
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,7
	Min	14,5
	Média	16,2
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	2,2

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C



Observações:

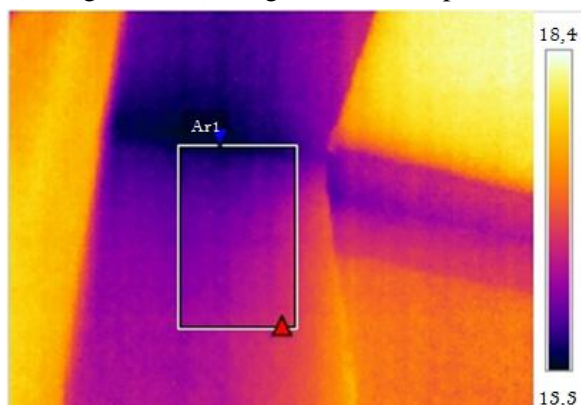
Visualização de heterogeneidade de temperatura na caixilharia.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por condensação;
- Possível condução da humidade da fundação para as paredes por efeito ascensional.

REGISTO VI – Envidraçado direito da parede exterior (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



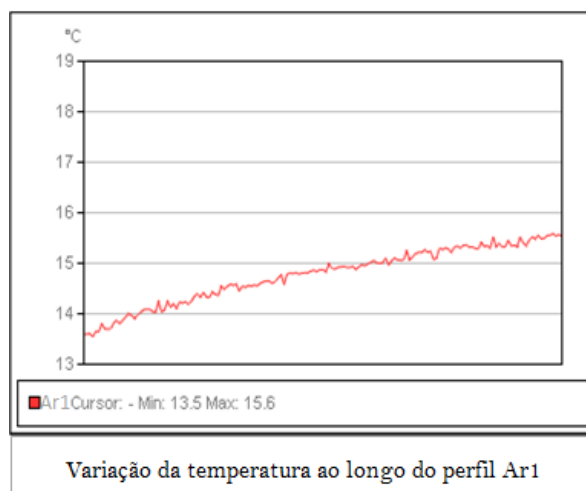
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	15,6
	Mín	13,5
	Média	14,6
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	2,1

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C



Observações:

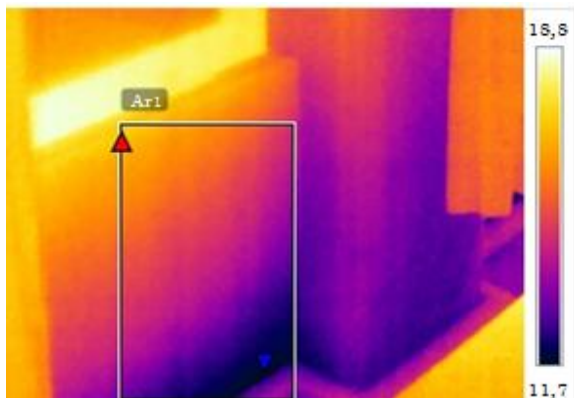
Visualização de heterogeneidade da estrutura.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica (viga/pilar);
- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por condensação.

REGISTO VII – Canto esquerdo do vão inferior do envidraçado da parede exterior (zona D):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



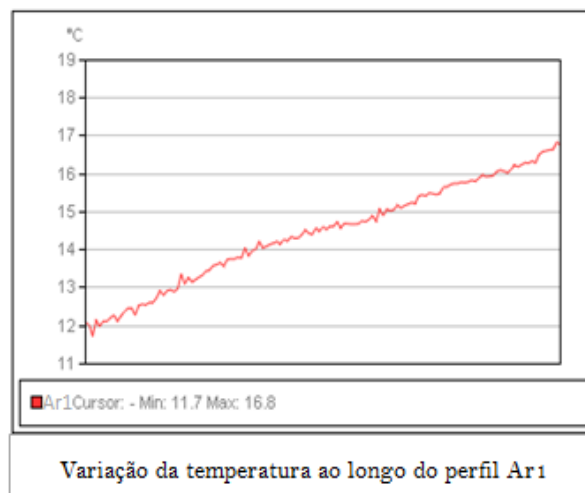
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,8
	Mín	11,7
	Média	14,2
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		5,1

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	16,9 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	78%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,1 °C



Observações:

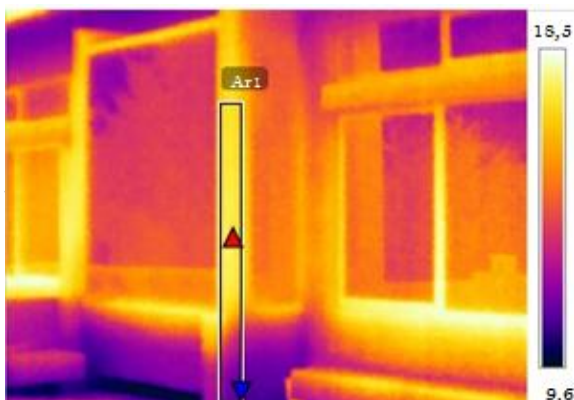
Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

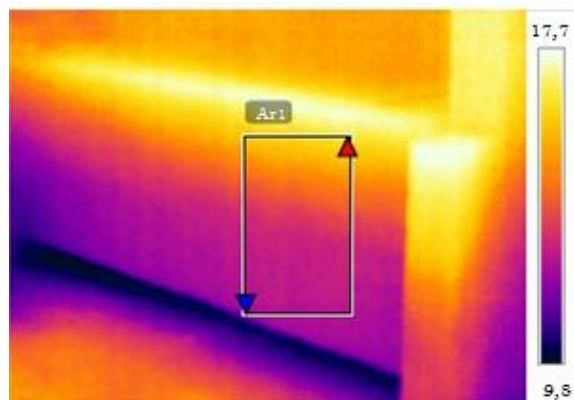
- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por condensação;
- Possível condução da humidade da fundação para as paredes por efeito ascensional.

REGISTO VIII – Parte inferior do vão envidraçado (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



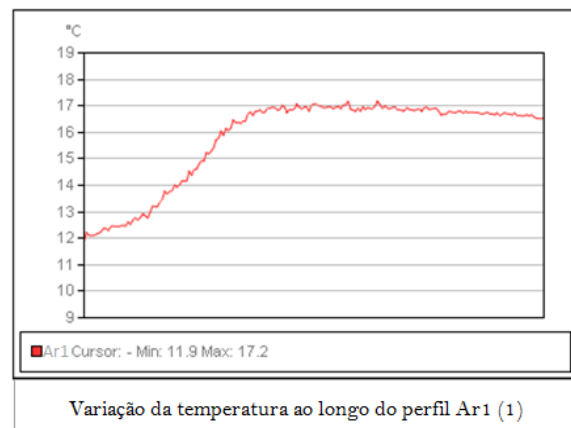
a) (2)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1(1)	Máx	17,2
	Mín	11,9
	Média	15,8
Ar1(2)	Máx	16,4
	Mín	12,2
	Média	13,9
Diferença		
Ar(1).Max – Ar(1).Mín		5,3
Ar(2).Max - Ar(2).Mín		4,2

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	10 m
Temp. ambiente interior	16,6 °C
Temp. ambiente exterior	15,8 °C
Humidade relativa	71%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,6 °C



b)



Observações:

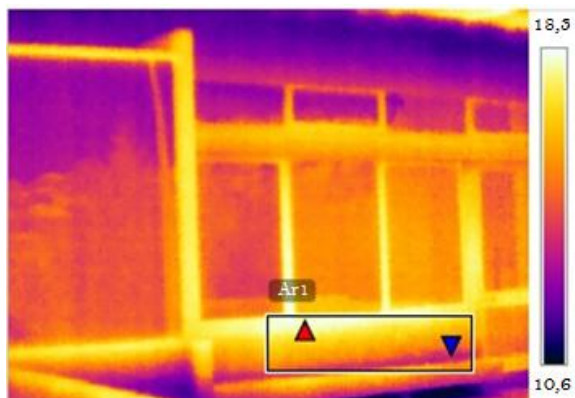
Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por condensação;
- “Canteiro” influencia a humidade e temperatura da parede, uma vez que se trata de uma área ajardinada, evidencia presença de humidade nos elementos que a delimitam.

REGISTO X – Parte inferior do vão envidraçado (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



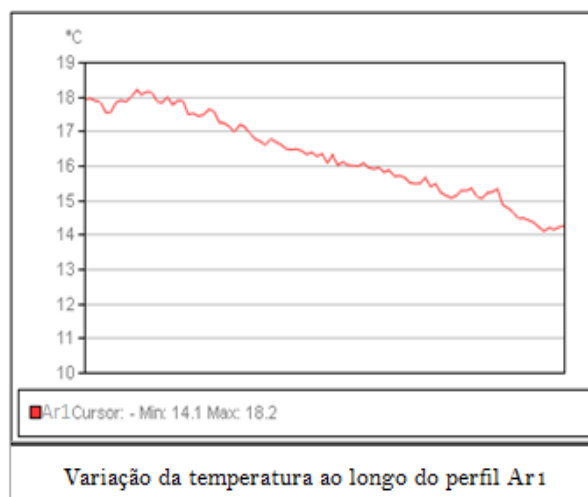
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	18,2
	Min	14,1
	Média	16,0
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	4,1

Parâmetros:

Emissividade	0,63
Temp. refl.	20 °C
Distância	8 m
Temp. ambiente interior	16,6 °C
Temp. ambiente exterior	15,8 °C
Humidade relativa	71%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,6 °C



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade por condensação;
- Possível condução da humidade da fundação para as paredes por efeito ascensional.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (3-ESV)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA DE VALONGO

Bloco A, Piso 0, Sala 3

Rua Visconde Oliveira Paço, 44400-708 Valongo

Ano de inauguração: 1986

Estado: Não remodelada

Data de realização: 12/04/13

Hora início: 18h26

Hora fim: 19h12

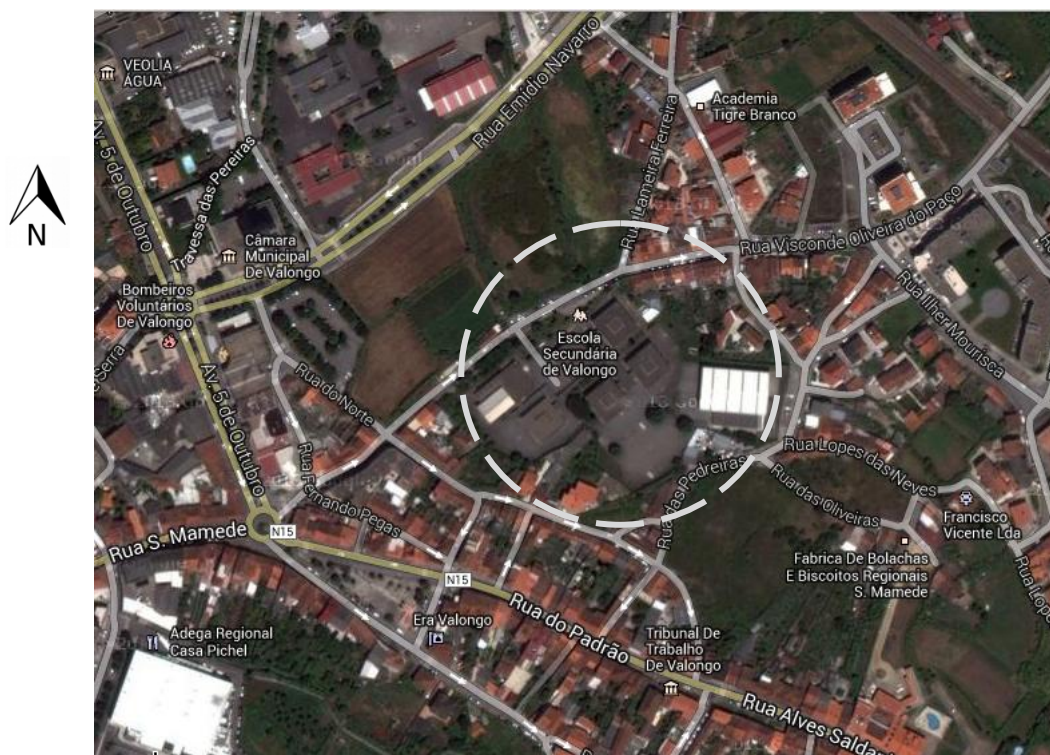


Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Nordeste (NE)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida por uma sala no lado SO e ligada ao corredor central e outra sala no lado SE, com duas frentes para o exterior (NE e NO).

Soluções construtivas				
Parede exterior	Pilares/Vigas	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Betão armado	Laje	Vidro simples (4 mm)	Porta em
Tijolo	rebocado em	Camada de	Caixilharia de alumínio	madeira
Caixa de Ar	ambas as faces	Regularização	Com proteção exterior	Aro em aço
Tijolo		Mosaico		
Reboco exterior				

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Muito nublado

Velocidade do vento: 2,37 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Inexistente

Ocupação: Não existe informação

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	18,5	16,0
Fim	17,6	15,4

4. Plantas da sala a analisar

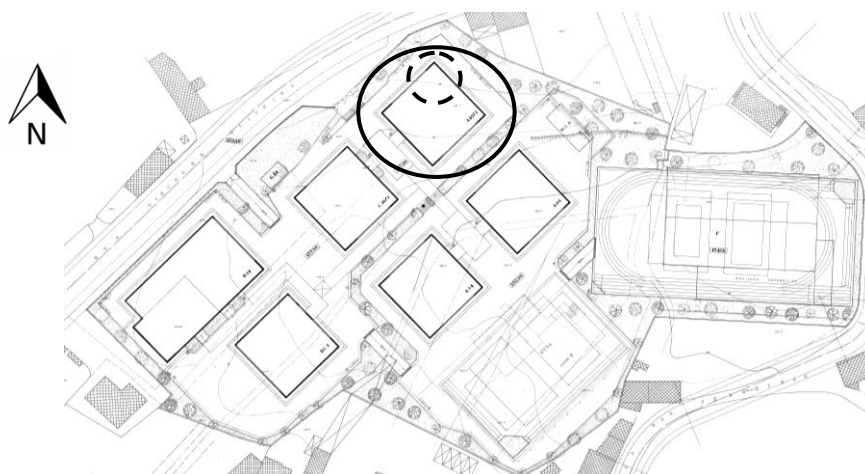


Figura 2 - Planta do edifício escolar, tendo assinalada a localização da sala a inspecionar (Fonte: Fábio Neves)



Figura 3 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado SO

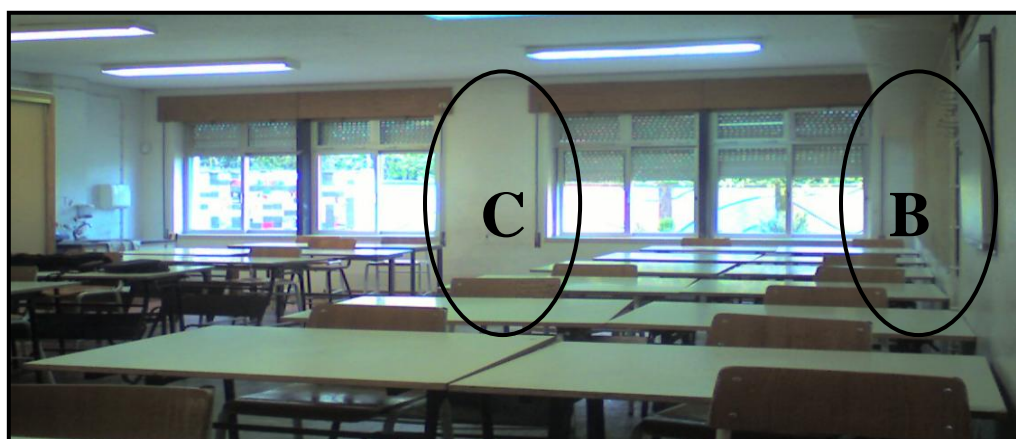


Figura 4 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado NE

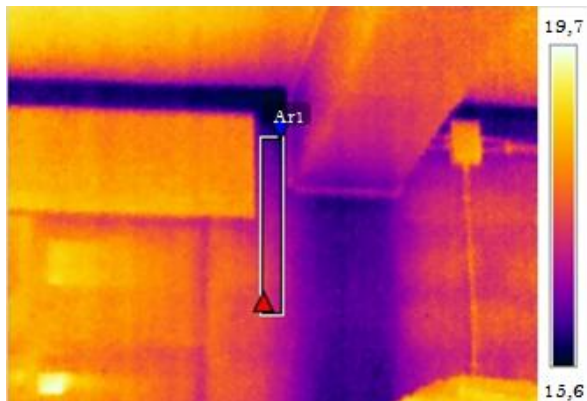
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B e C. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperatura		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	Reboco Branco (0,91)	16,1	17,2	1,1
II			15,5	16,7	1,2
III			16,2	18,0	1,8
IV			16,7	17,8	1,1
V	Exterior		14,9	16,5	1,6
VI			14,9	16,5	1,6

REGISTO I – Canto superior esquerdo da parede exterior NO (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



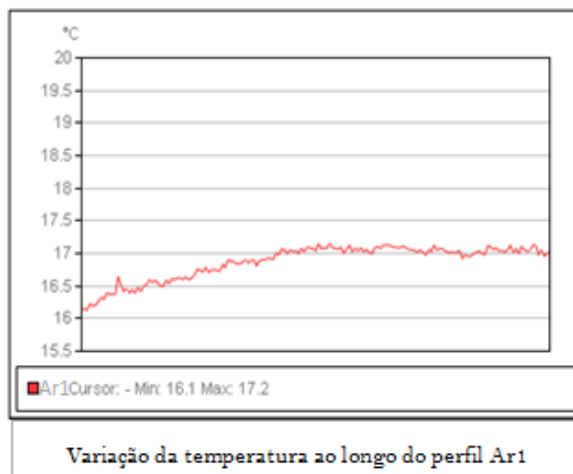
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	17,2
	Min	16,1
	Média	16,8
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,1

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	18,5 °C
Temp. ambiente exterior	16 °C
Humidade relativa	69%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C



Observações:

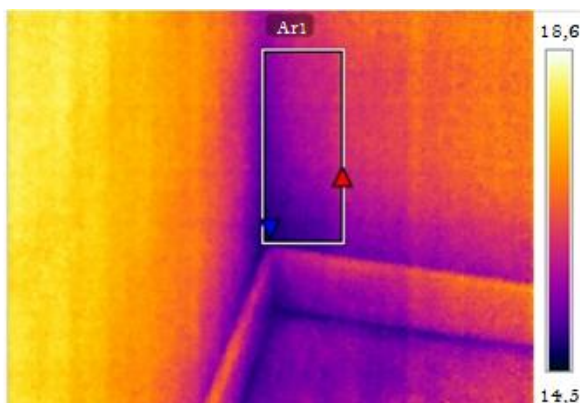
Identificação da estrutura.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica plana (pilar/fachada);
- Incorreto tratamento da ponte térmica linear (pavimento intermédio/fachada);
- A inexistência de isolamento térmico e o incorreto tratamento das pontes térmicas potenciam a presença de humidade.

REGISTO II – Canto inferior direito da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



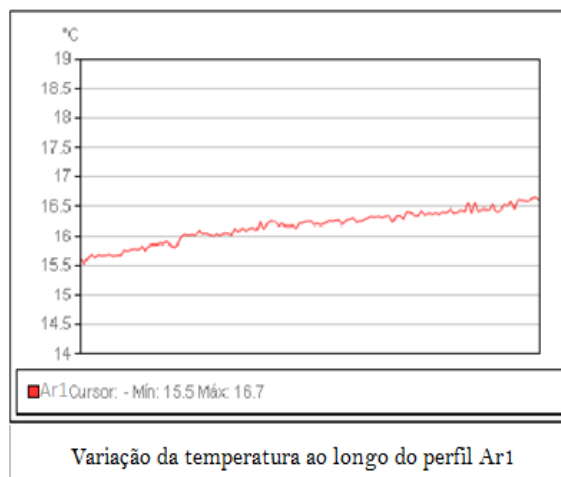
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,7
	Mín	15,5
	Média	16,1
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,2

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	18,5 °C
Temp. ambiente exterior	16 °C
Humidade relativa	69%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C



Observações:

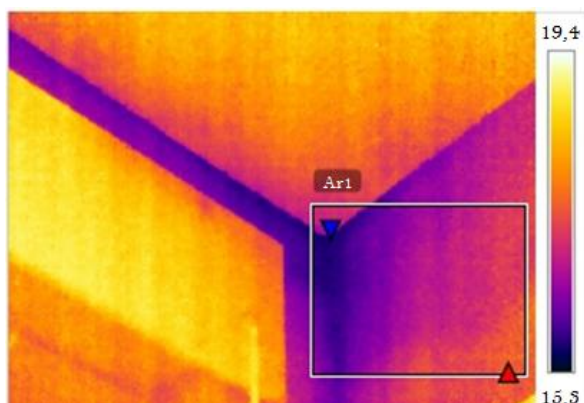
Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à possível presença de humidade por capilaridade;
- Possível condução da humidade da fundação para as paredes por efeito ascensional.

REGISTO III – Canto superior direito da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



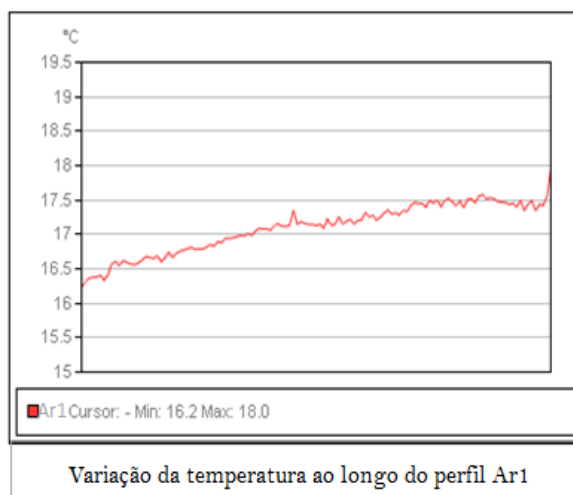
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	18,0
	Min	16,2
	Média	17,0
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,8

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	18,5 °C
Temp. ambiente exterior	16 °C
Humidade relativa	69%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C



Observações:

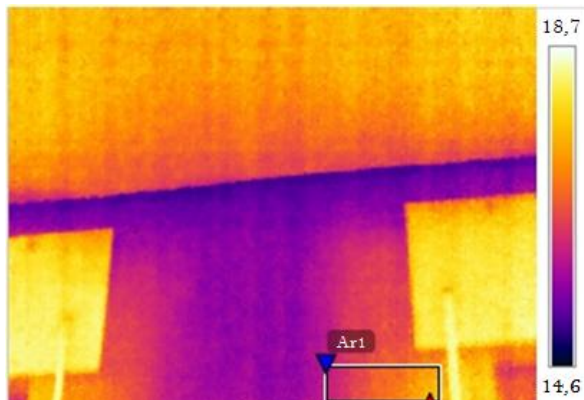
Visualização de heterogeneidade de temperatura.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica plana (viga/fachada);
- Incorreto tratamento da ponte térmica linear (pavimento intermédio/fachada);
- A vedação entre os elementos construtivos deverá ser reavaliada (a argamassa utilizada no reboco da reentrância poderá não ser a mais adequada – aditivos com materiais hidrófugos – bem como a deficiente impermeabilização da ligação das fachadas).

REGISTO IV – Canto superior da parede exterior (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



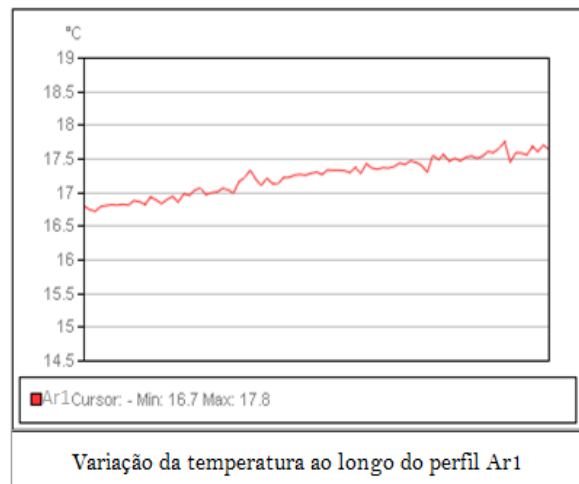
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	17,8
	Mín	16,7
	Média	17,3
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,1

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	18,5 °C
Temp. ambiente exterior	16 °C
Humidade relativa	69%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C



Observações:

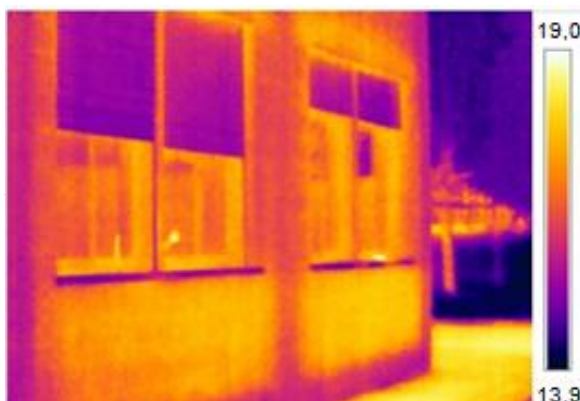
Identificação da estrutura.

Comentários:

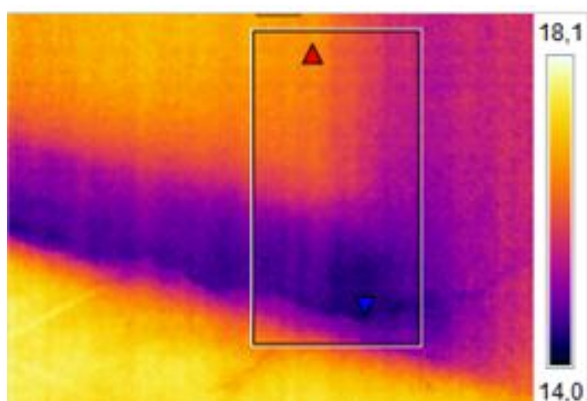
- Incorreto tratamento da ponte térmica plana (pilar/fachada);
- Incorreto tratamento da ponte térmica linear (pavimento intermédio/fachada);
- A inexistência de isolamento térmico e o incorreto tratamento das pontes térmicas potenciam a presença de humidade.

REGISTO V – Canto inferior da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

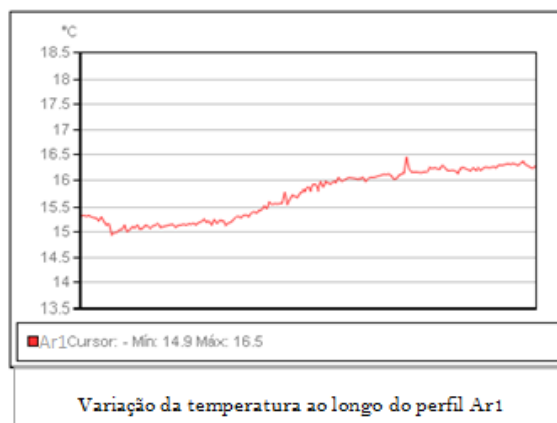
		°C
Ar1	Máx	16,5
	Mín	14,9
	Média	15,7
Diferença		
	ArMax – Ar.Min	1,6

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	17,6 °C
Temp. ambiente exterior	15,4 °C
Humidade relativa	70%
Temp. sup. ponto de orvalho	10 °C



b)



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura na parede exterior.

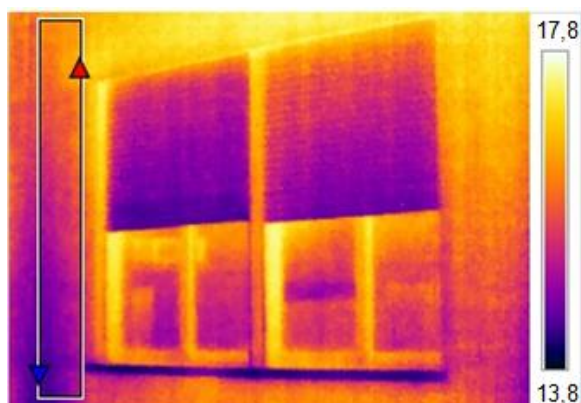
Deteção de lintel de fundação.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade.

REGISTO VI – Canto do vão envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



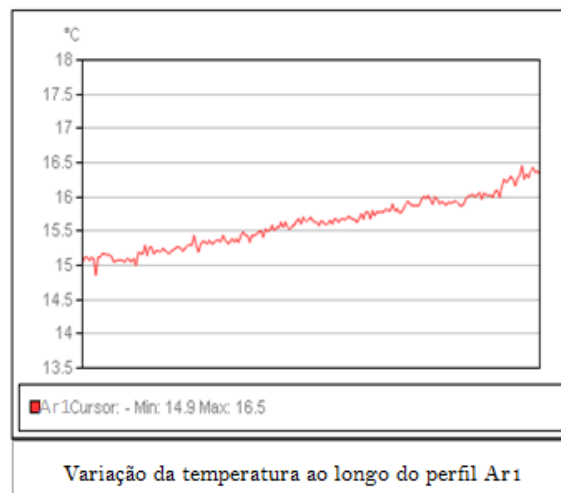
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	16,5
	Min	14,9
	Média	15,7
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,6

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	17,6 °C
Temp. ambiente exterior	15,4 °C
Humidade relativa	70%
Temp. sup. ponto de orvalho	10 °C



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura na parede exterior.

Deteção da caixa de estores.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica (fachada /caixa de estores) – falta de isolamento;
- Reavaliação dos elementos construtivos: argamassa utilizada no reboco poderá não ser a mais adequada para o efeito (sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes necessárias para evitar humidades).

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (4-ESJA)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA COM 3º CICLO DO ENSINO BÁSICO
JOAQUIM DE ARAÚJO
Bloco 3, Piso 0, Sala 21A

Rua 3 de Março, 4560-641 Penafiel

Ano de inauguração: 1997

Estado: Não remodelada

Data de realização: 17/04/13

Hora início: 17h00

Hora fim: 18h00



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como o bloco onde se insere a sala, assinalado a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Este (E)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (N e S) e ligada ao corredor central (NO e S), com uma frente (E) para o exterior.

Soluções construtivas				
Parede exterior	Pilares/Vigas	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Betão armado	Laje	Vidro simples (4 mm)	Porta em
Tijolo	rebocado em	Camada de	Caixilharia de madeira	madeira
Caixa de Ar	ambas as faces	Regularização	Sem proteção exterior	
Tijolo		Mosaico		
Reboco exterior				

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Céu limpo

Velocidade do vento: 1,62m/s (S→N)

Ventilação mecânica: Inexistente

Ocupação: Não existe informação

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	20,0	20,0
Fim	19,6	20,0

4. Plantas da sala a analisar



Figura 2 - Planta do edifício, tendo assinalada a localização da sala a inspecionar (Fonte: Fábio Neves)

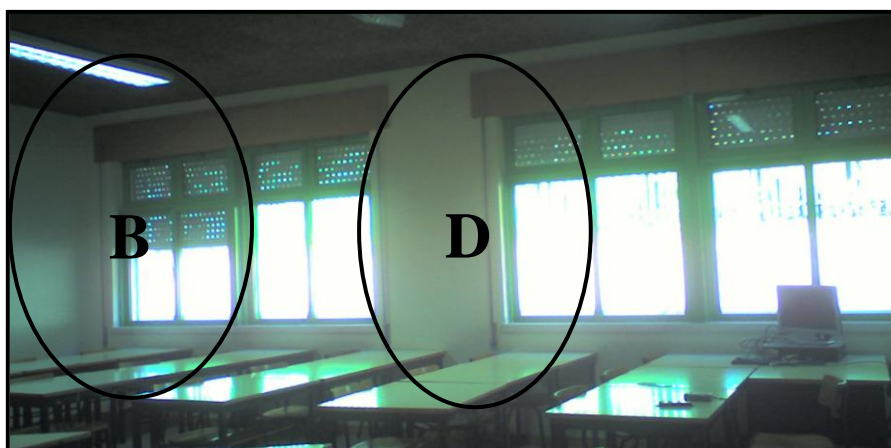


Figura 3 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado E



Figura 40 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado S

5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B, C e D. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	Reboco Branco (0,91)	15,6	16,8	1,2
II			15,5	17,2	1,7
III			16,2	17,6	1,4
IV			17,7	19,1	1,4
V	Exterior	Reboco Branco (0,91) / Tinta Verde (0,92)	19,2	21,3	2,1
VI			24,4	20,9	3,5

REGISTO I – Canto inferior direito da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



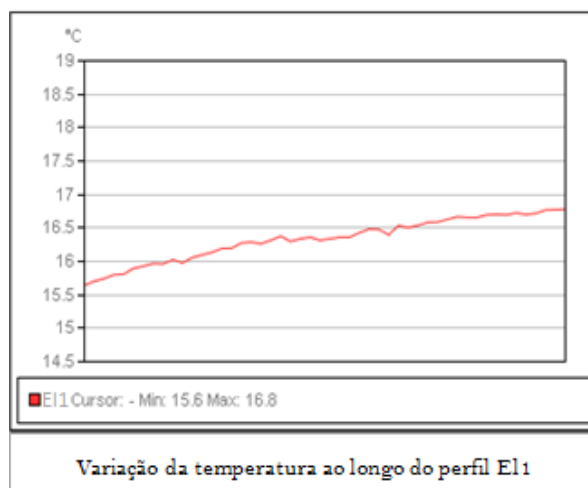
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	16,8
	Min	15,6
	Média	16,3
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	1,2

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20 °C
Humidade relativa	53%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,2 °C



Observações:

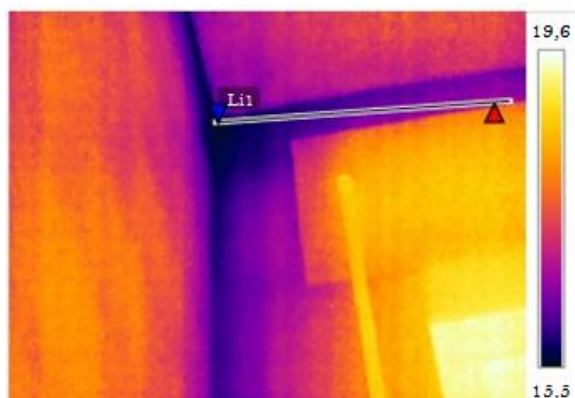
Visualização de heterogeneidade de temperatura no canto inferior da parede exterior.

Comentários:

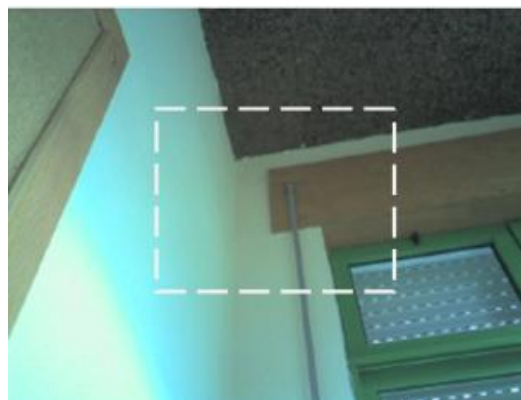
- Incorreto tratamento ponte térmica linear (fachada/pavimento térreo);
- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização no piso, devido à presença de humidade por efeito ascensional.

REGISTO II – Canto superior esquerdo da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



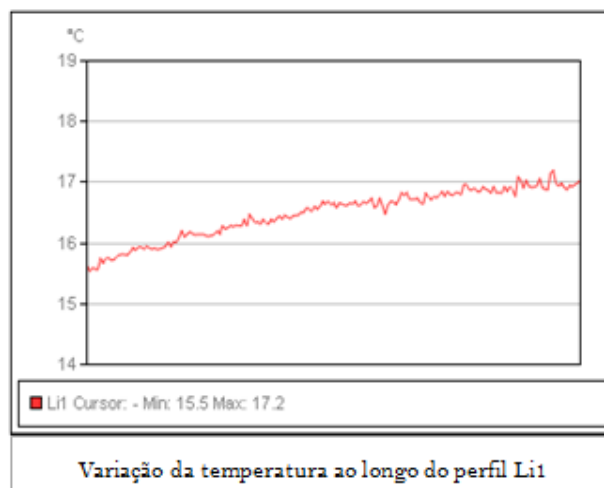
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	17,2
	Mín	15,5
	Média	16,5
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	1,7

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20 °C
Humidade relativa	53%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,2 °C



Variação da temperatura ao longo do perfil Li1

Observações:

Identificação da estrutura da parede exterior.

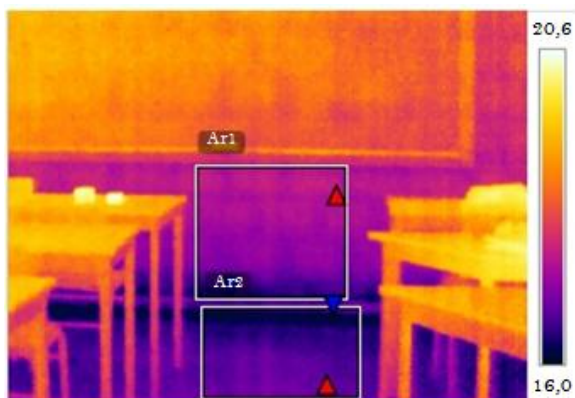
Visualização da caixa de estores.

Comentários:

- Incorreto tratamento da ponte térmica (fachada/caixa de estores).

REGISTO III – Parte inferior da parede interior N (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



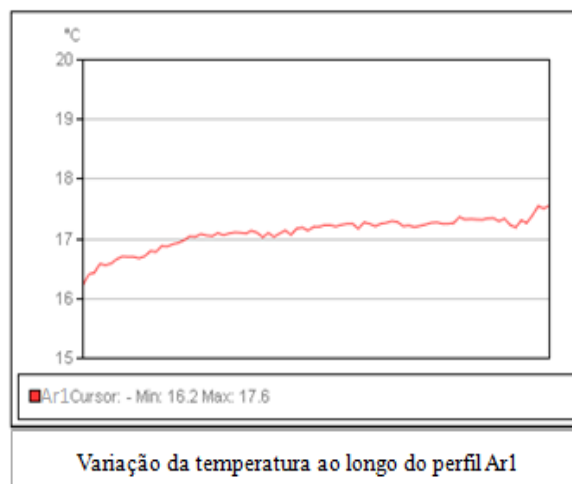
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	17,6
	Mín	16,2
	Média	17,1
Ar2	Máx	17,2
	Mín	16,0
	Média	16,7
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,4
	Ar2.Max - Ar2.Min	1,2

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	4,5 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20 °C
Humidade relativa	53%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,2 °C



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura na parede interior.

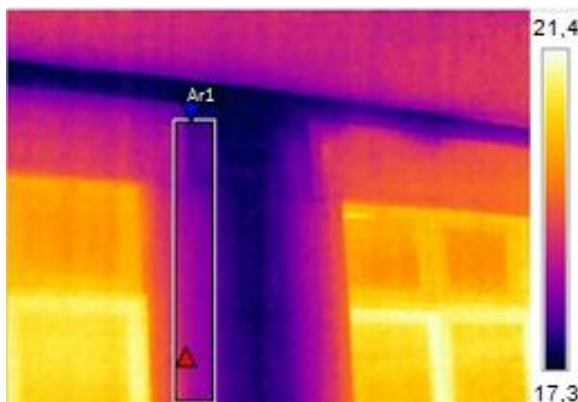
Identificação da estrutura da parede interior.

Comentários:

- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização no piso, devido à presença de humidade.

REGISTO IV – Parte superior intermédia da parede exterior (zona D):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



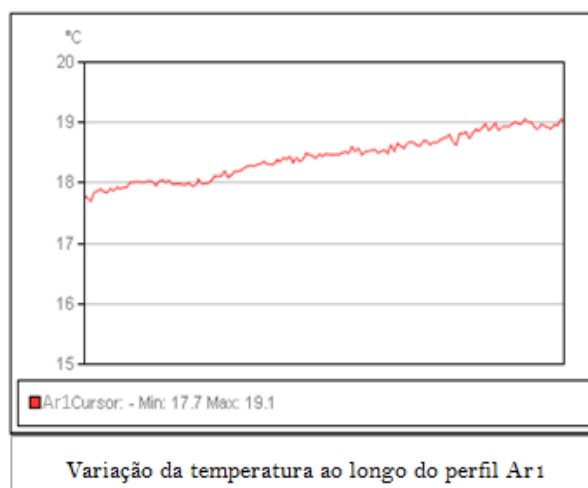
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	19,1
	Min	17,7
	Média	18,4
Diferença		
	Ar1.Max – Ar1.Min	1,4

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	4,5 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20 °C
Humidade relativa	53%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,2 °C



Observações:

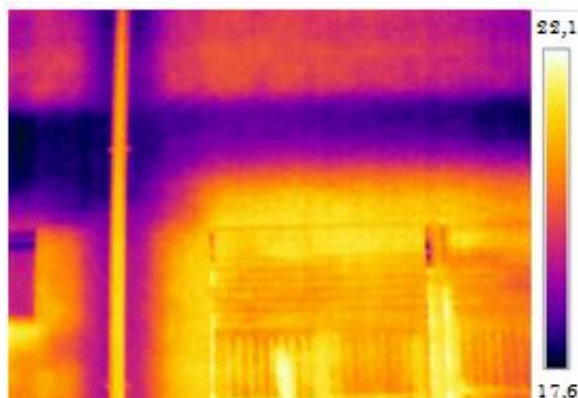
Identificação da estrutura.

Comentários:

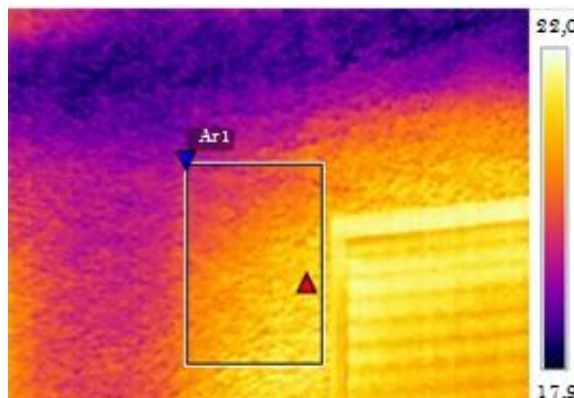
- Incorreto tratamento da ponte térmica plana (pilar/fachada);
- Incorreto tratamento da ponte térmica linear (pavimento intermédio/fachada);
- A inexistência de isolamento térmico e o incorreto tratamento das pontes térmicas potenciam a presença de humidade.

REGISTO V – Canto do vão superior do envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

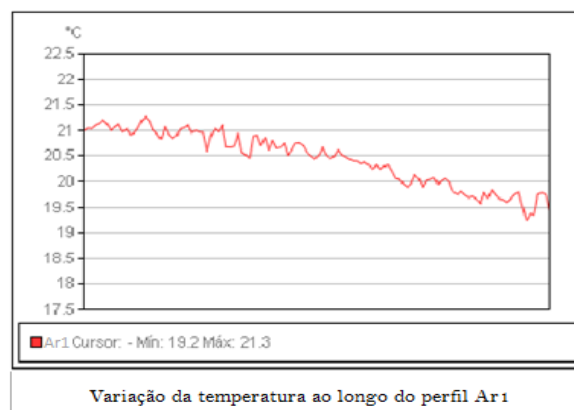
		°C
Ar1	Máx	21,3
	Mín	19,2
	Média	20,5
Diferença		
	Ar1.Max – Ar1..Min	2,1

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,6 °C
Temp. ambiente exterior	20 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	8,4 °C



b)



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura na parede exterior.

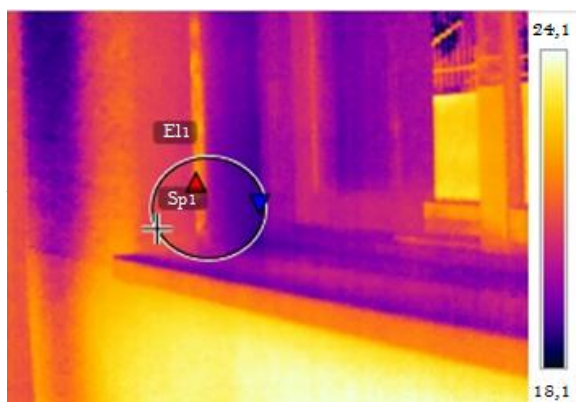
Identificação da caixa de estores e estrutura.

Comentários:

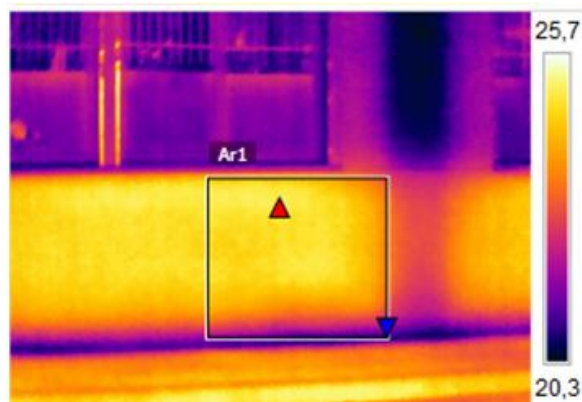
- Incorreto tratamento da ponte térmica na parede exterior – falta de isolamento;
- Reavaliação dos elementos construtivos: argamassa utilizada no reboco poderá não ser a mais adequada para o efeito (sem tratamento que lhe confira propriedades hidrófugas importantes necessárias para evitar humidades).

REGISTO VI – Canto inferior do vão envidraçado e parte inferior da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

		°C
El1	Máx	22,2
	Min	19,8
	Média	20,7
Sp1		21,3
Ar1	Máx	24,4
	Min	20,9
	Média	23,5
Diferença		
	Sp1 – El1.Min	1,4
	Ar1.Max - Ar1.Min	3,5



b)

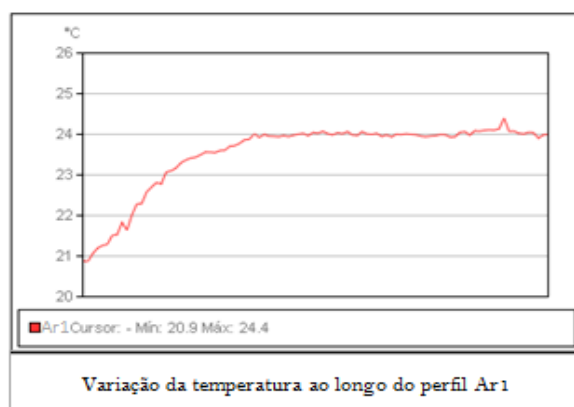
Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,6 °C
Temp. ambiente exterior	20 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	8,4 °C

Observações:

Heterogeneidade de temperatura na padieira.

Identificação da estrutura da parede exterior.



Comentários:

- Incorreto tratamento de ponte térmica (fachada/pavimento térreo) – falta de isolamento;
- Reavaliação dos elementos construtivos - importância da impermeabilização, devido à presença de humidade;
- Possível sombreamento da calha de estores para responder à heterogeneidade da padieira.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (5-ESCR)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA CLARA DE RESENDE

Bloco B, Piso 0, Sala 9

Rua Primeiro de Janeiro, 4100-365 Porto

Ano de inauguração: 1960

Estado: Remodelada (2011)

Data de realização: 5/04/13

Hora início: 14h00

Hora fim: 18h45



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como o bloco onde se insere a sala, assinalado a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Norte (N)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (O e E) e ligada ao corredor central no lado S, com uma frente para o exterior (N).

Soluções construtivas			
Parede exterior	Parede exterior (granito)	Envidraçados	Porta
Gesso Cartonado/MDF	Gesso Cartonado/MDF	Vidro duplo incolor	Porta em madeira
Lã de rocha (6cm)	Lã de rocha (6cm)	(6+10+6 mm)	
Caixa-de-ar (10cm)	Caixa de Ar (10cm)	Caixilharia de aço com	
Pilar	Reboco interior	corte térmico	
Reboco exterior	Granito	Sem proteção exterior	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Céu limpo

Velocidade do vento: 1,99 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios

Ocupação: Desocupação a partir das 13h

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	18,3	15,5
Fim	18,3	13,5

4. Plantas da sala a analisar

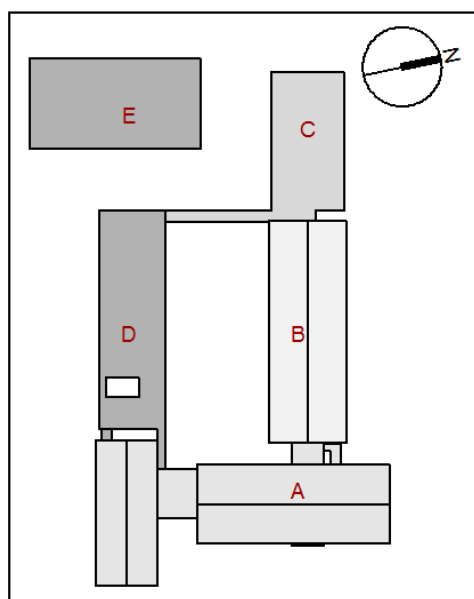


Figura 2 - Planta do edifício escolar com a localização dos vários blocos (Fonte: Fábio Neves)

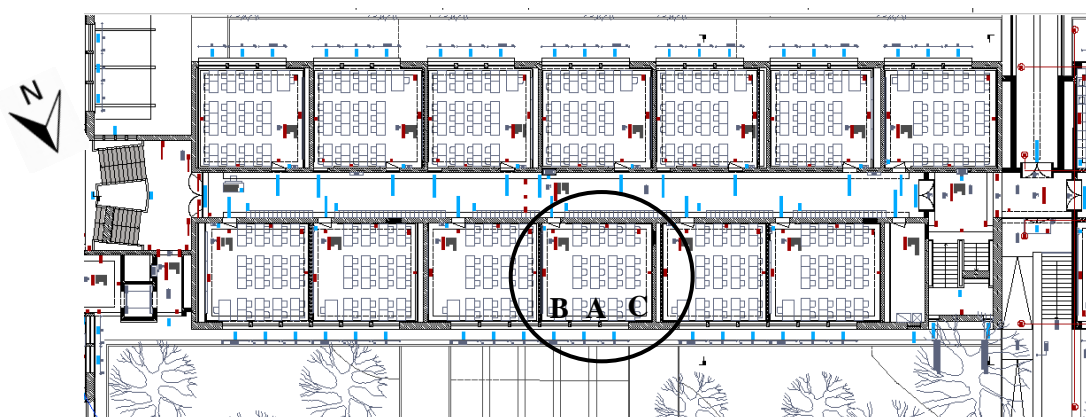


Figura 3 - Planta do Bloco B/Piso 0, tendo assinalada a localização da sala e das zonas a inspecionar (Fonte: Fábio Neves)

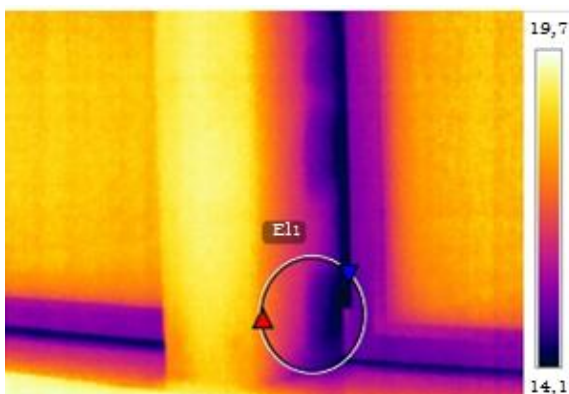
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B e C. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

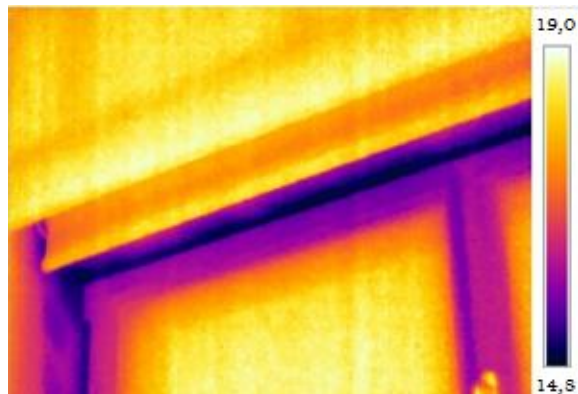
Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	Gesso cartonado/MDF (0,90)	13,9	18,1	4,2
II			14,8	18,5	3,7
III			16,3	18,2	1,9
IV			16,4	17,4	1,0
V	Exterior	Reboco Branco (0,91)	11,8	13,4	1,6

REGISTO I – Perímetro do vão envidraçado intermédio (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



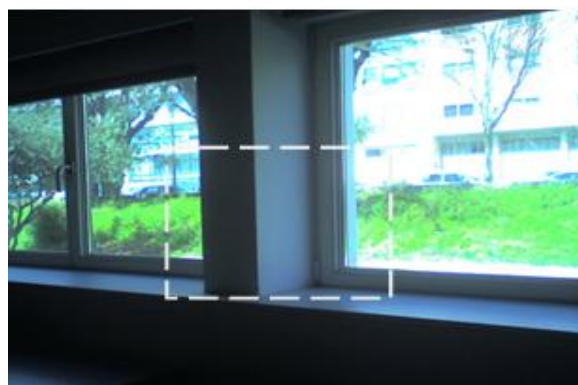
a) (2)

Medições:

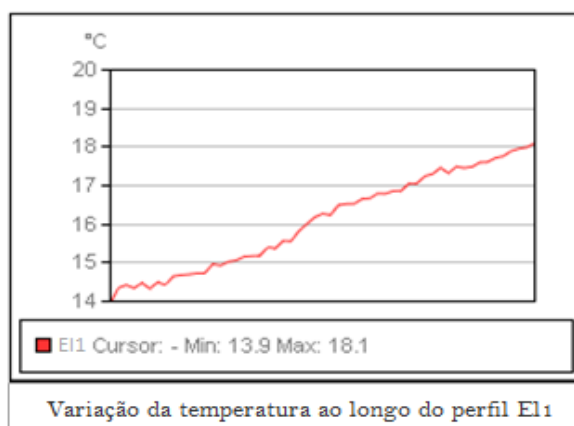
		°C
El1	Máx	18,1
	Mín	13,9
	Média	15,9
Diferença		
El1.Max - El1.Min		4,2

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	18,3 °C
Temp. ambiente exterior	15,5 °C
Humidade relativa	38%
Temp. sup. ponto de orvalho	3,6 °C



b)



Observações:

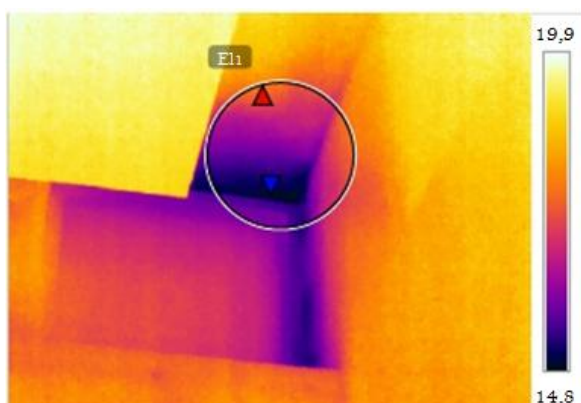
Visualização de heterogeneidade no perímetro do vão envidraçado.

Comentários:

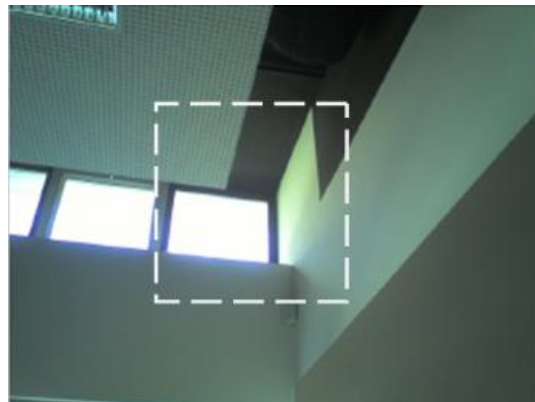
- O contraste de cor pode dever-se à constituição dos elementos construtivos (caixa-de-ar).

REGISTO II – Perímetro do vão envidraçado superior do canto direito (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



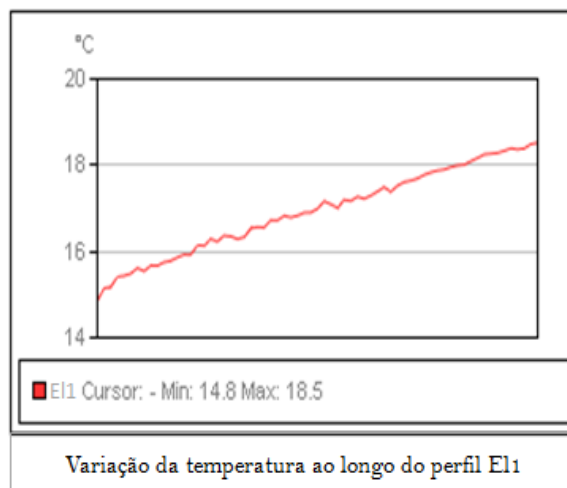
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	18,5
	Mín	14,8
	Média	17,0
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	3,7

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	18,3 °C
Temp. ambiente exterior	15,5 °C
Humidade relativa	38%
Temp. sup. ponto de orvalho	3,6 °C



Observações:

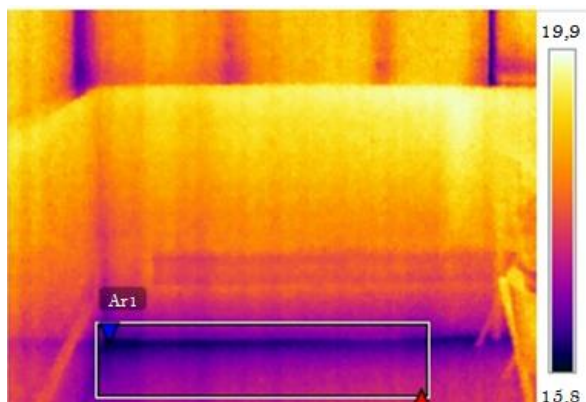
Visualização de heterogeneidade no perímetro do vão envidraçado.

Comentários:

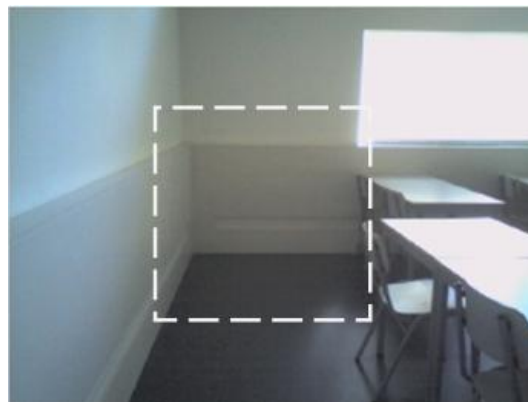
- O contraste de cor entre padieira e ombreiras (preto e branco respetivamente) e o efeito de sombreamento, devido a elementos arquitetónicos exteriores, possibilita a diferença de temperatura no perímetro do vão envidraçado.

REGISTO III – Parte inferior esquerda da parede exterior (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



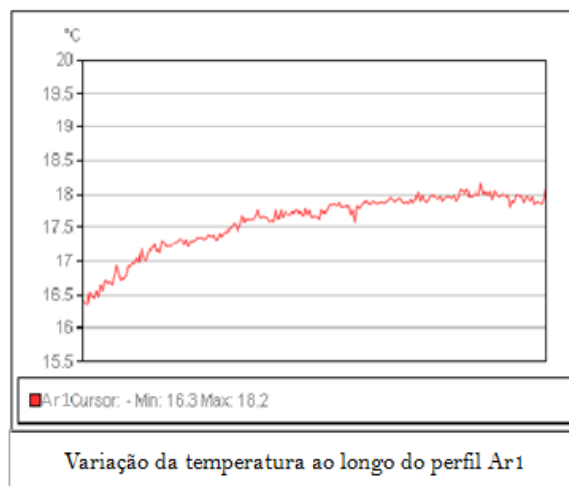
b)

Medições:

		°C
EI1	Máx	18,2
	Mín	16,3
	Média	17,5
Diferença		
	EI1.Max - EI1.Min	1,9

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	5,2 m
Temp. ambiente interior	18,3 °C
Temp. ambiente exterior	15,5 °C
Humidade relativa	38%
Temp. sup. ponto de orvalho	3,6 °C



Observações:

Visualização da caixa-de-ar na parte inferior da parede.

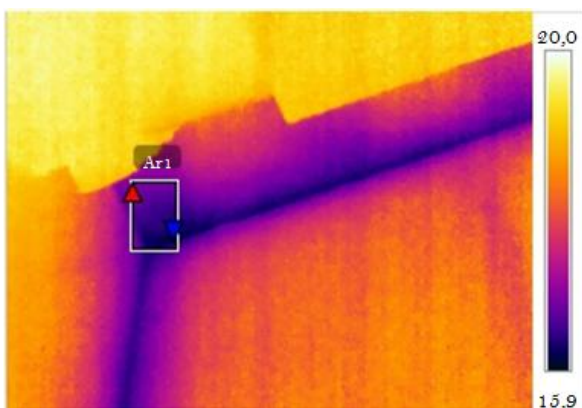
Identificação da estrutura de suporte dos montantes.

Comentários:

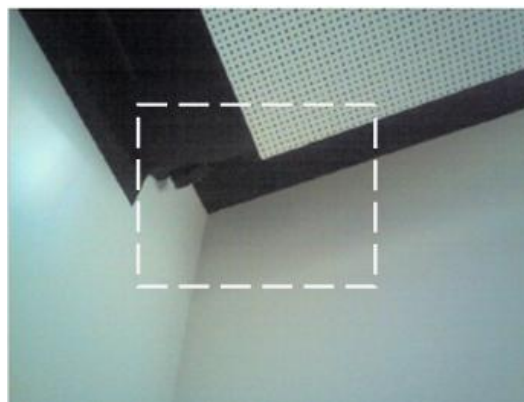
- Possível efeito sombra junto ao rodapé.

REGISTO IV – Canto superior esquerdo da parede exterior (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



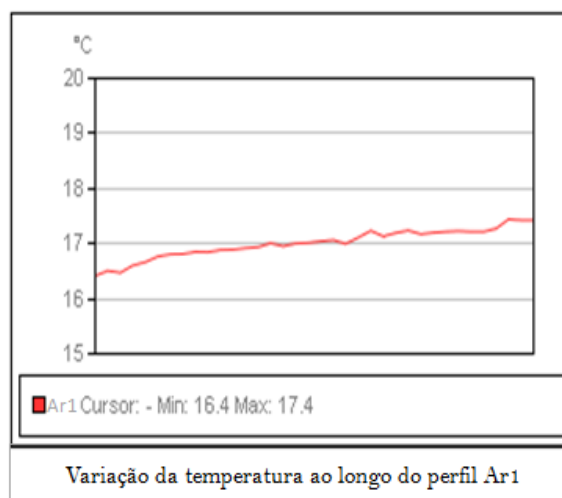
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	17,4
	Min	16,4
	Média	17,0
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,0

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	18,3 °C
Temp. ambiente exterior	15,5 °C
Humidade relativa	38%
Temp. sup. ponto de orvalho	3,6 °C



Observações:

Identificação da estrutura da laje intermédia.

Comentários:

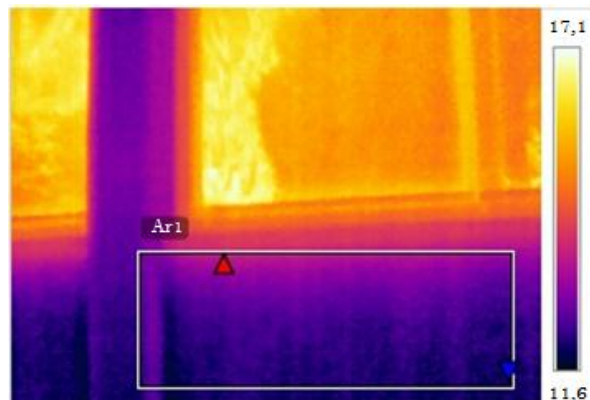
- A inexistência de isolamento pelo interior, pode provocar um deficiente tratamento da ponte térmica linear na ligação dos elementos.

REGISTO V – Parte inferior do vão envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

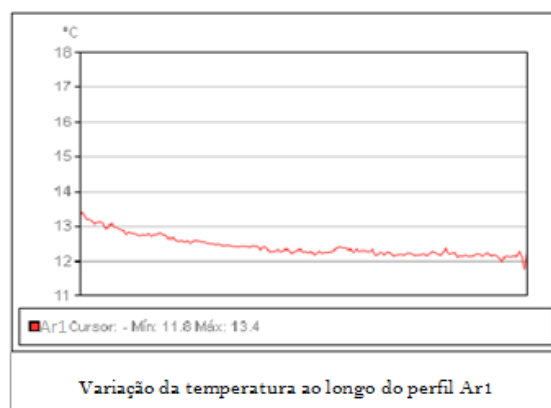
		°C
Ar1	Máx	13,4
	Mín	11,8
	Média	12,4
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,6

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	18,3 °C
Temp. ambiente exterior	14,5 °C
Humidade relativa	31%
Temp. sup. ponto de orvalho	< 0 °C



b)



Observações:

Heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

- O efeito de sombreamento altera a homogeneidade do elemento construtivo (a inspeção foi realizada durante a tarde).

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (6-ESGO)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA COM 3.º CICLO DO ENSINO BÁSICO
GARCIA DE ORTA
Pavilhão A4, Piso 0, Sala 404

Rua de Pinho Leal, 4150-620 Porto

Ano de inauguração: 1964

Estado: Remodelada (2008)

Data de realização: 16/04/13

Hora início: 15h40

Hora fim: 16h00



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como o bloco onde se insere a sala, assinalado a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Nordeste (NE)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (NO e SE) e ligada ao corredor central no lado NO, com uma frente para o exterior (NE).

Soluções construtivas				
Parede exterior	Pilares/Vigas	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Betão armado	Laje	Vidro duplo incolor	Porta em
Tijolo 11	pintado em ambas	Camada de	(8+7+8 mm)	madeira
Isolamento térmico (5 cm)	as faces (pórticos)	Regularização	Caixilharia de alumínio	Aro em aço
Caixa-de-ar		Manta Vinílica	Sem proteção exterior	
Betão (15cm)				

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Céu limpo

Velocidade do vento: 2,55 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios.

Ocupação: Desocupação a partir das 13h15.

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	18,8	18,6
Fim	18,2	18,1

4. Plantas da sala a analisar



Figura 2 - Planta do pavilhão A4/Piso 0, tendo assinalada a localização da sala e das zonas a inspecionar (www.bacgordon.com)



Figura 3 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado NE

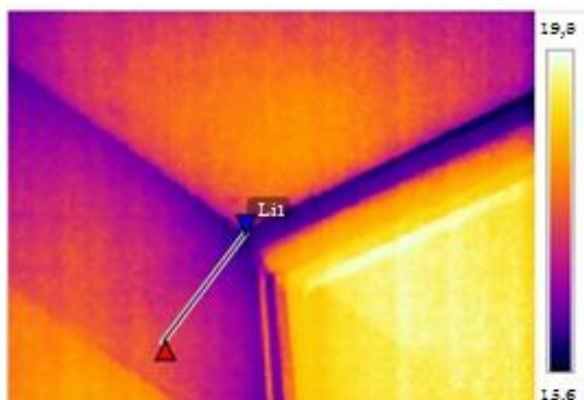
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A e B. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	Reboco (0,91)	16,4	17,9	1,5
II			16,4	17,6	1,2
III			16,7	18,0	1,3
IV	Exterior	Tinta branca (0,91)	16,0	17,2	1,2

REGISTO I – Canto superior esquerdo da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



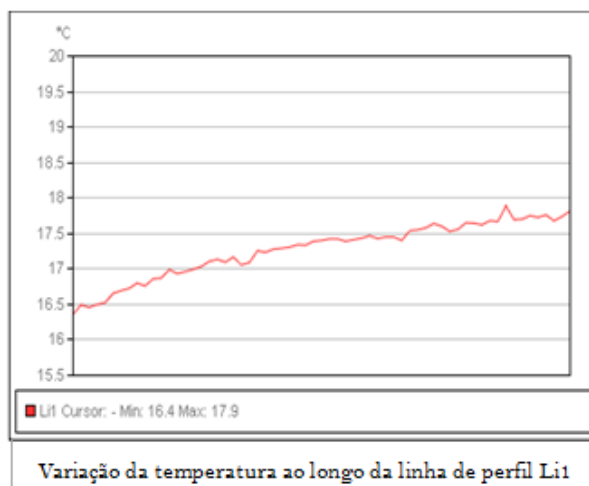
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	17,9
	Min	16,4
	Média	17,4
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	1,5

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	18,8 °C
Temp. ambiente exterior	18,2 °C
Humidade relativa	72%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,7 °C



Observações:

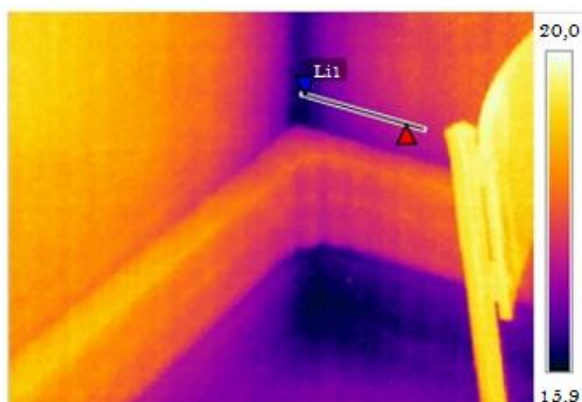
Identificação da estrutura da parede exterior.

Comentários:

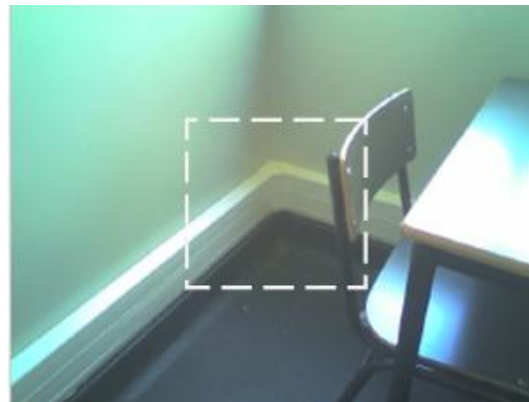
- Os pórticos de betão poderão conduzir ao risco de humidade por condensação (a temperatura superficial mínima interior fica apenas a 2,7°C acima do ponto de orvalho, sendo provável o aparecimento de condensações superficiais), podendo levar a um incorreto tratamento da ponte térmica linear entre elementos verticais da estrutura.

REGISTO II – Canto inferior esquerdo da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



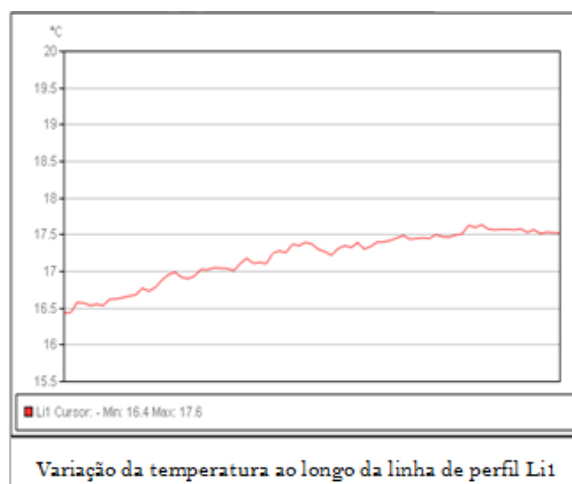
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	17,6
	Min	16,4
	Média	17,2
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	1,2

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	18,8 °C
Temp. ambiente exterior	18,2 °C
Humidade relativa	72%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,7 °C



Variação da temperatura ao longo da linha de perfil Li1

Observações:

Identificação da estrutura no canto inferior da parede exterior.

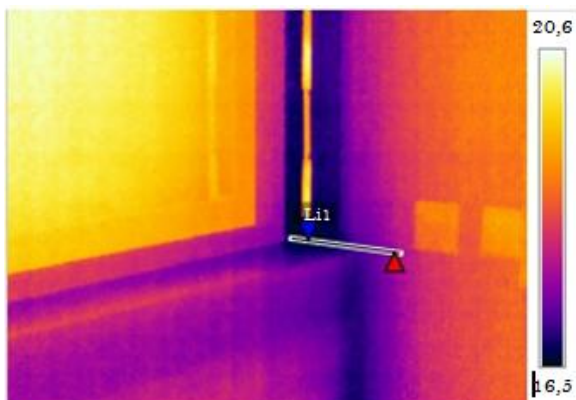
Visualização de heterogeneidade de temperatura no canto inferior da parede exterior.

Comentários:

- Risco de humidade por condensação (a temperatura superficial mínima interior fica apenas a 2,7°C acima do ponto de orvalho, sendo provável o aparecimento de condensações superficiais), devendo-se, provavelmente, ao facto da estrutura da escola utilizar pórticos de betão.

REGISTO III – Canto direito do vão inferior do envidraçado da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



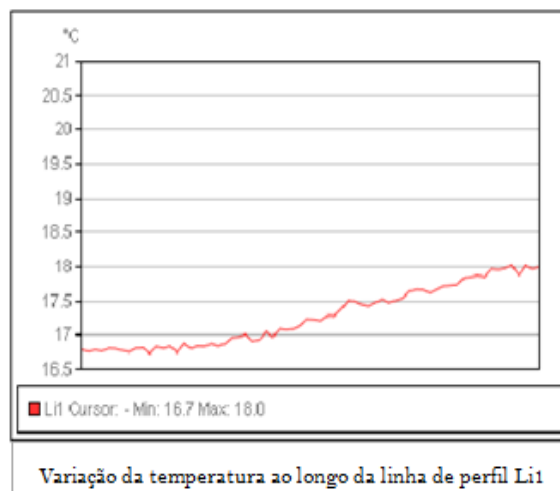
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	18,0
	Mín	16,7
	Média	17,3
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	1,3

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	18,8 °C
Temp. ambiente exterior	18,2 °C
Humidade relativa	72%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,7 °C



Observações:

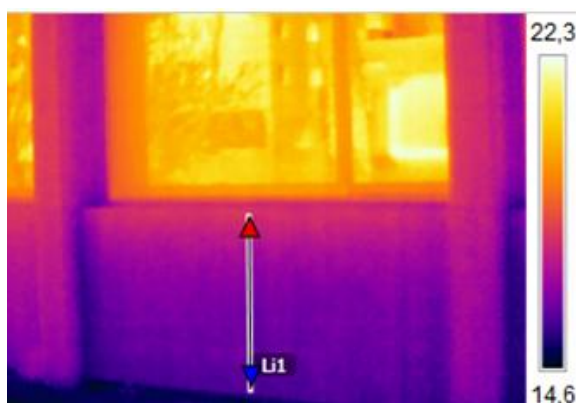
Identificação da estrutura da parede exterior.

Comentários:

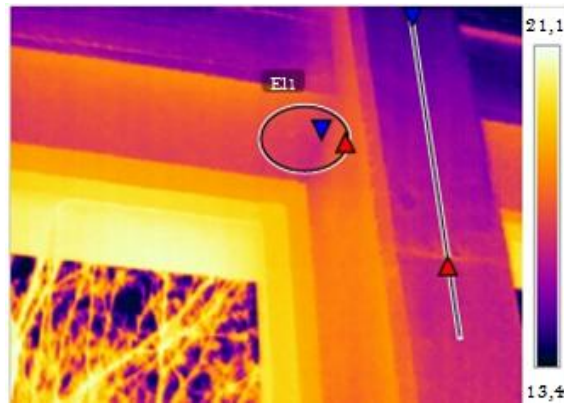
- Risco de aparecimento de humidade por condensação (a temperatura superficial mínima interior fica apenas a 3 °C acima do ponto de orvalho, sendo provável o aparecimento de condensações superficiais);
- O contraste de cor pode dever-se ao facto da estrutura ser constituída por pórticos de betão, podendo conduzir a um incorreto tratamento da ponte térmica linear entre elementos verticais e consequente e aparecimento de humidade.

REGISTO IV – Cantos dos vãos do envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

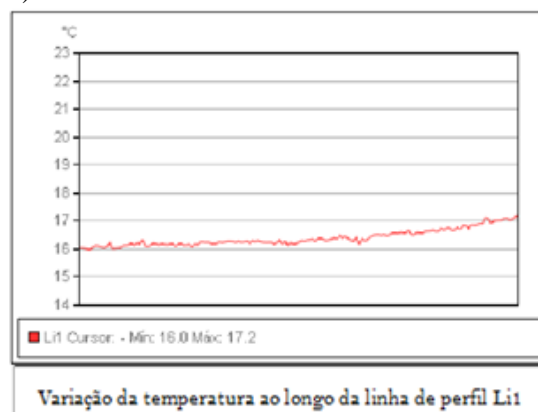
		°C
Li1	Máx	17,2
	Mín	16,0
	Média	16,4
Diferença		
	Li1(1).Max – Li1(1).Min	1,2
	El1(2).Max – El1(2).Min	1,0
	Li1(2).Max – Li1(2).Min	2,1

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Temp. ambiente interior	18,6 °C
Temp. ambiente exterior	18,1 °C
Humidade relativa	60%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,3 °C



b)



Observações:

Visualização de heterogeneidade de temperatura no contorno do vão envidraçado.

Comentários:

- Na parte inferior da parede exterior (10cm abaixo do peitoril) verifica-se a existência de caixa-de-ar que apresenta uma resistência térmica na transferência do fluxo de calor (do interior para o exterior) diferente, evidenciando uma homogeneidade a partir dessa zona (ver perfil de temperatura).
- Diferença de temperatura no nó de ligação (pórtico/viga) – detetado na elipse El1;
- O pico de temperatura (visualizado na seta vermelha do termograma 2) deve-se a uma emenda do pilar.

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (7-ESSR)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA ARTÍSTICA SOARES DOS REIS
(ANTIGA SECUNDÁRIA COM 3º CICLO OLIVEIRA MARTINS)
Pavilhão A, Piso 0, Sala 10

Rua Major David Magno, 4000-191 Porto

Ano de inauguração: 1969

Estado: Remodelada (2007)

Data de realização: 16/04/13

Hora início: 19h00

Hora fim: 20h00



Figura 141 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como o bloco onde se insere a sala, assinalado a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Noroeste (NO)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (NE e SO) e ligada ao corredor central no lado SE, com uma frente para o exterior (NO).

Soluções construtivas				
Parede exterior	Pilares/Vigas	Pavimento térreo	Envidraçados	Porta
Gesso Cartonado	Gesso Cartonado	Laje	Vidro duplo incolor	Porta em
Montante de suporte	Montante de suporte	Camada de	Caixilharia de	madeira
Gesso Cartonado	Gesso Cartonado	Regularização	alumínio	Aro em aço
Caixa de Ar	betão armado (pilares)	Mosaico	Sem proteção exterior	
Fachada existente	ETICS (5cm)			
ETICS (5cm)				

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Céu limpo

Velocidade do vento: 0,90 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios

Ventilação natural: Grelhas autorreguláveis sobre os envidraçados

Ocupação: Desocupação a partir das 18h35

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	20,5	17,6
Fim	20,1	16,8

4. Plantas da sala a analisar



Figura 2 - Planta do edifício escolar com a localização dos vários blocos do edifício e da sala (<http://www.parque-escolar.pt/docs/escolas/publicacoes/001-3020.pdf>)

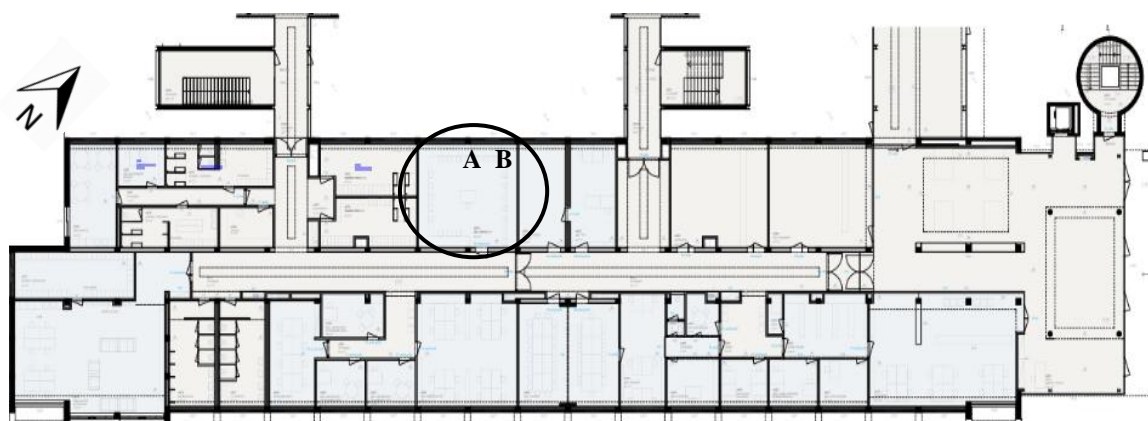


Figura 3 - Planta de parte do pavilhão A/Piso 0, tendo assinalada a localização da sala e das zonas a inspecionar. (<http://www.parque-escolar.pt/docs/escolas/publicacoes/001-3020.pdf>)

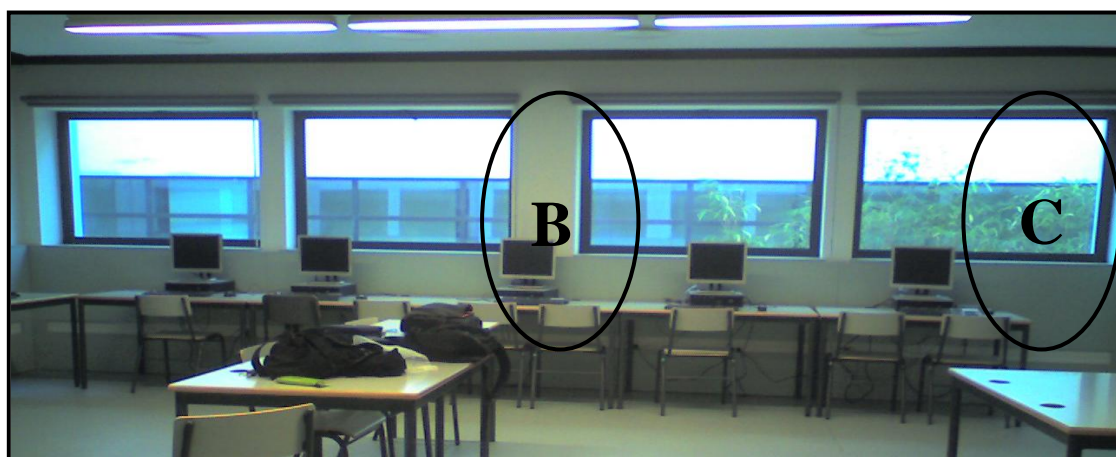


Figura 4 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado NO

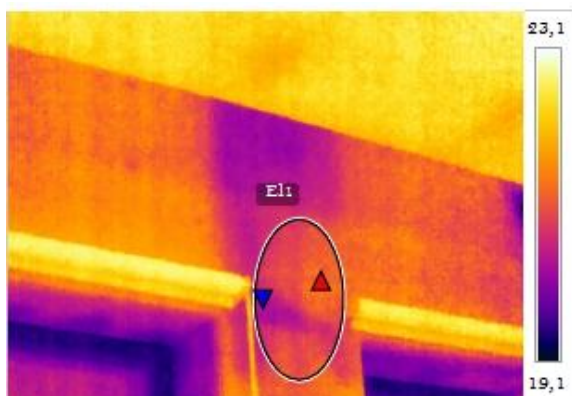
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A e B. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

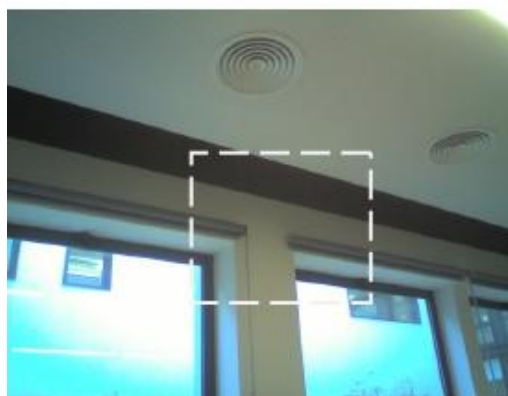
Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	A	20,8	21,5	0,7
II			18,1	20,7	2,6
III		B	19,7	21,2	1,5
IV			16,9	18,6	1,7
V			20,5	21,8	1,3
VI			16,7	18,1	1,4
	Exterior	ETICS (0,92)			

REGISTO I – Parte superior intermedia da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



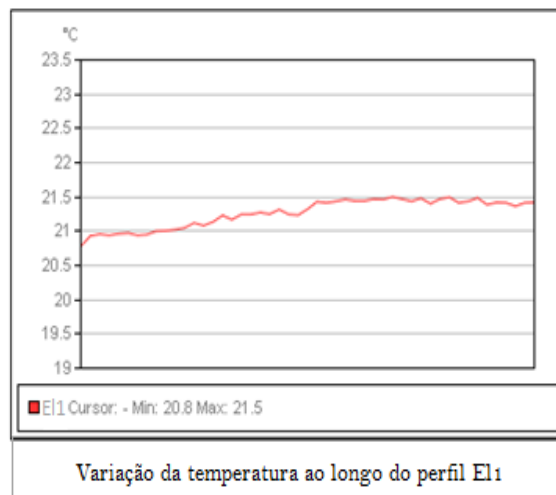
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	21,5
	Mín	20,8
	Média	21,3
Diferença		
El1.Max - El1.Min		0,7

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	4 m
Temp. ambiente interior	20,5 °C
Temp. ambiente exterior	17,6 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,9 °C



Observações:

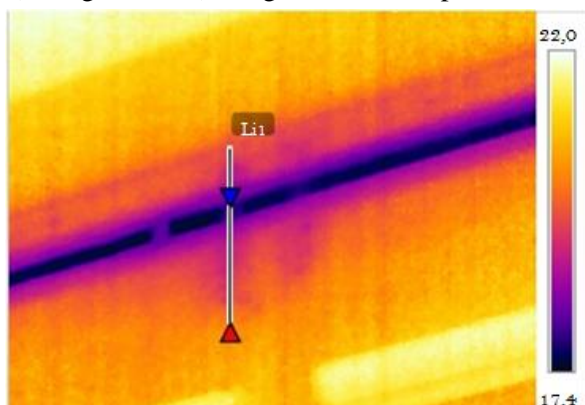
Identificação da estrutura da parede exterior.

Comentários:

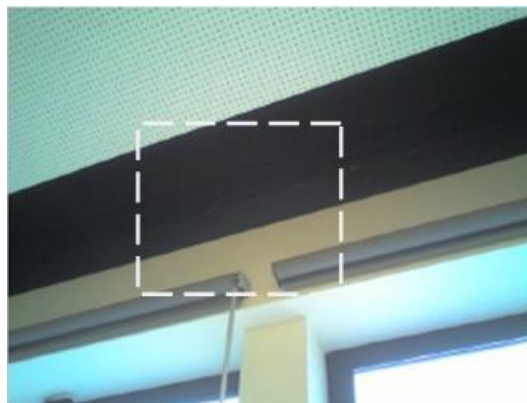
- As placas de gesso cartonado estão encostadas aos elementos de betão, o que não acontece na restante parede. Possível razão pela qual o pilar aparece com variações de temperatura.

REGISTO II – Parte superior intermedia da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



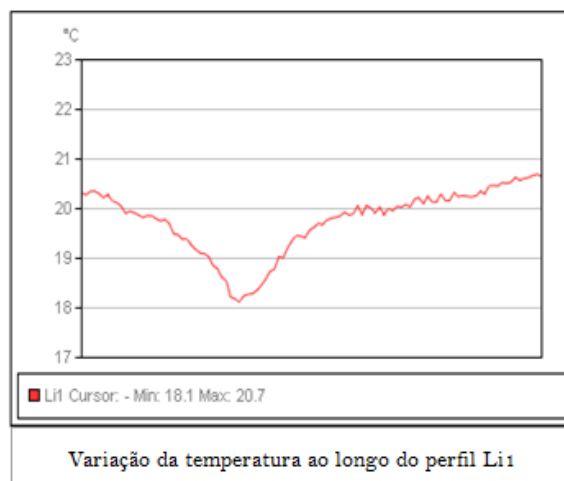
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	20,7
	Mín	18,1
	Média	19,8
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	2,6

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20,5 °C
Temp. ambiente exterior	17,6 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,9 °C



Observações:

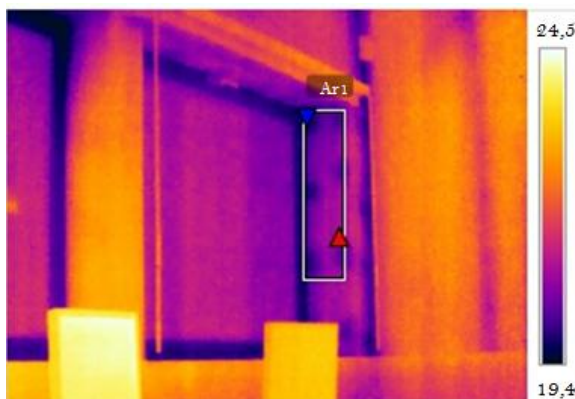
Visualização de heterogeneidade da parede exterior na zona das grelhas.

Comentários:

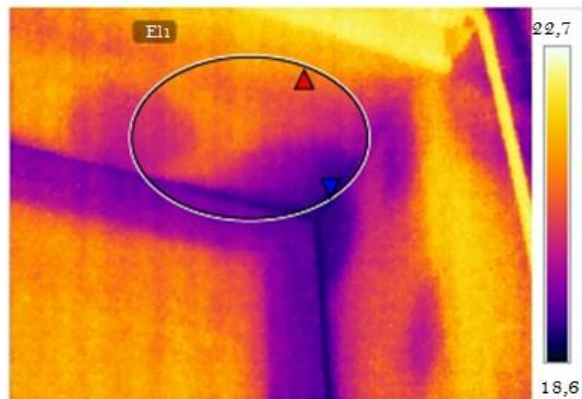
- As grelhas não apresentam qualquer tipo de resistência térmica – falta de dados referentes às características das grelhas que permitam concluir se a diferença de temperatura resulta das próprias características.

REGISTO III – Perímetro do vão envidraçado intermédio (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

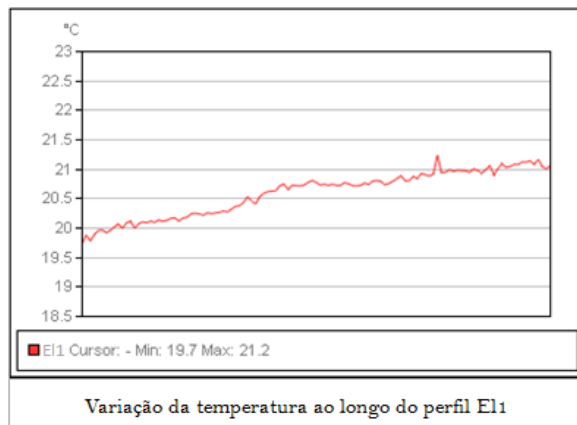
		°C
Ar1	Máx	21,1
	Mín	19,9
	Média	20,6
El1	Máx	21,2
	Mín	19,7
	Média	20,5
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	1,2
	El1.Max - El1.Min	1,5

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	5 m
Temp. ambiente interior	20,5 °C
Temp. ambiente exterior	17,6 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,9 °C



b)



Observações:

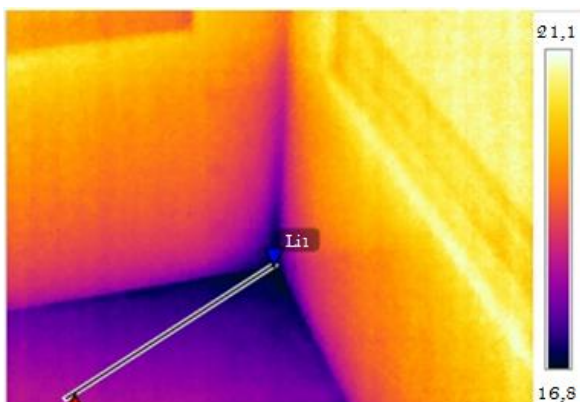
Visualização de manchas no perímetro do vão envidraçado.

Comentários:

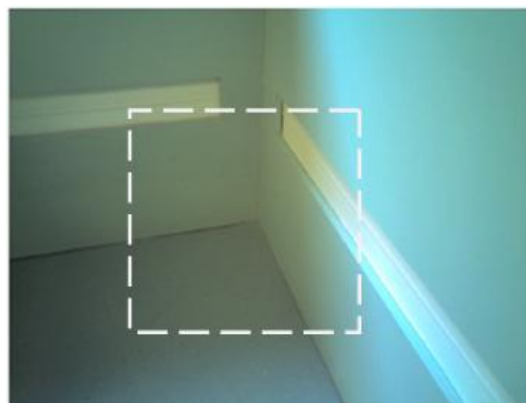
- A heterogeneidade da padieira e ombreira deve-se ao tipo material de fixação utilizado entre a placa de gesso cartonado com o elemento de suporte (alguma cola específica, por exemplo). Também pode resultar da componente líquida ser absorvida pelas placas, possibilitando o aparecimento de humidade.

REGISTO IV – Canto inferior direito da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



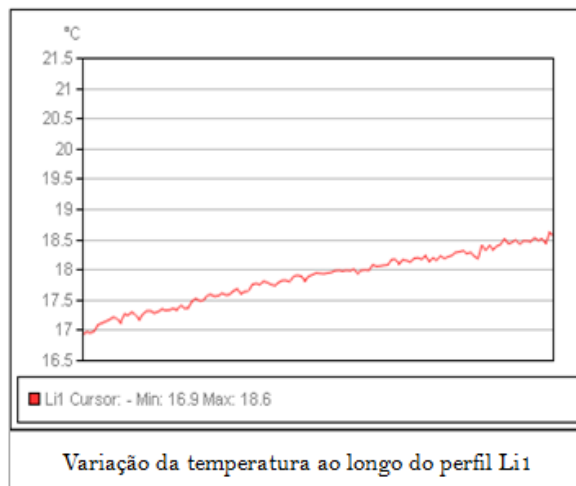
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	18,6
	Mín	16,9
	Média	17,8
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	1,7

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	20,5 °C
Temp. ambiente exterior	17,6 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,9 °C



Observações:

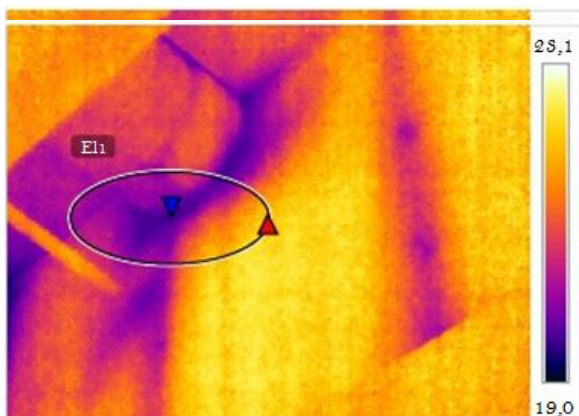
Visualização de heterogeneidade de temperatura no canto inferior da parede exterior.

Comentários:

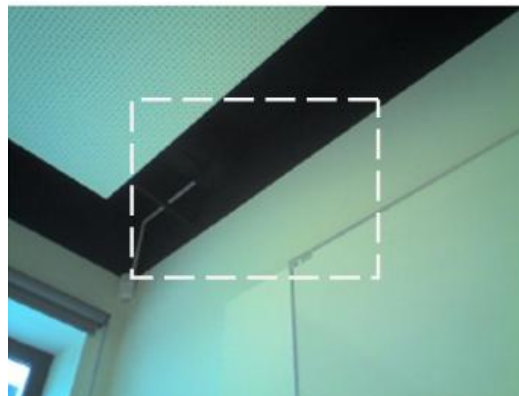
- Possível existência de folga entre elementos que permitem o contacto direto entre a caixa-de-ar das paredes.

REGISTO V – Canto superior direito da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



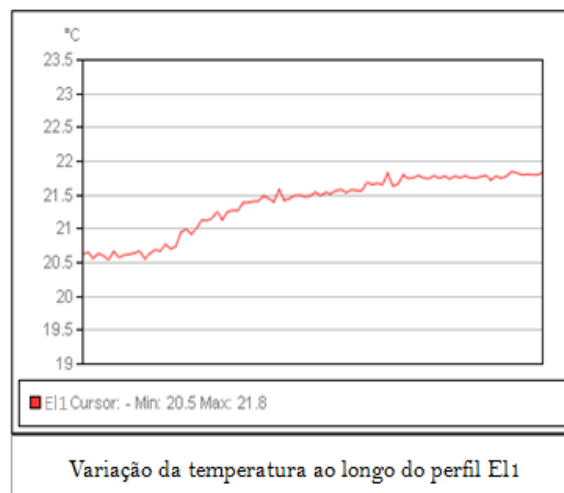
b)

Medições:

		°C
El1	Máx	21,8
	Mín	20,5
	Média	21,1
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	1,3

Parâmetros:

Emissividade	0,9
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20,5 °C
Temp. ambiente exterior	17,6 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,9 °C



Observações:

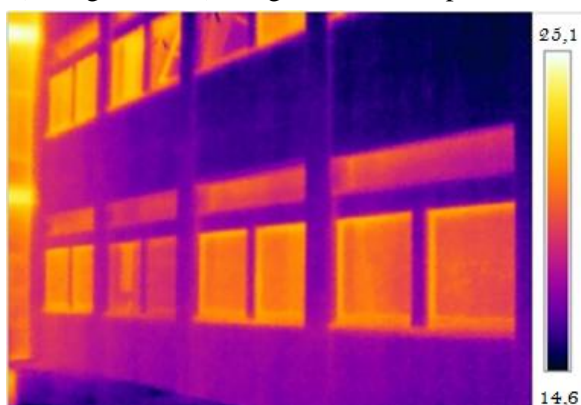
Visualização de heterogeneidade de temperatura no perímetro do sistema de ventilação.
 Detecção da estrutura de suporte do quadro da sala de aula.

Comentários:

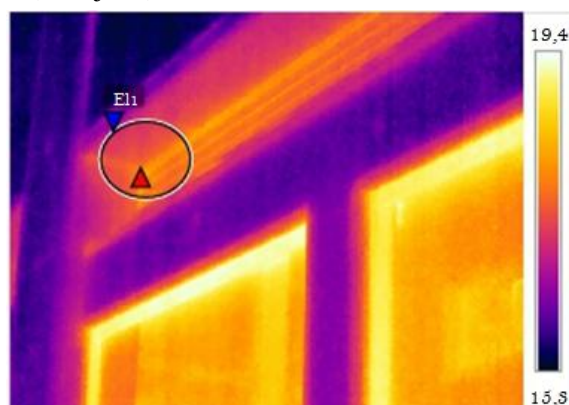
- O isolamento da conduta não tem continuidade no atravessamento da parede, logo o ar que circula no interior da conduta (inferior à temperatura ambiente da sala) irá arrefecer a parede na zona de atravessamento.

REGISTO VI – Canto do vão superior do envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a) (1)



a) (2)

Medições:

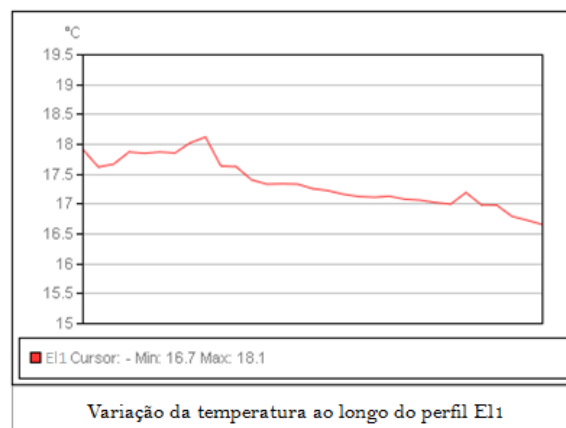
		°C
El1	Máx	18,1
	Mín	16,7
	Média	17,4
Diferença		
	El1.Max - El1.Min	1,4

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20,1 °C
Temp. ambiente exterior	16,8 °C
Humidade relativa	68%
Temp. sup. ponto de orvalho	10,9 °C



b)



Observações:

Entrada de ar nas grelhas – transferência de temperatura (interior para o exterior).

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (8-ESP)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: ESCOLA SECUNDÁRIA PENAFIEL

Bloco D, Piso 0, Sala 106

Rua Dr. Alves Magalhães, 4560-491 Porto

Ano de inauguração: 1960

Estado: Remodelada (2010)

Data de realização: 17/04/13

Hora início: 15h00

Hora fim: 16h00

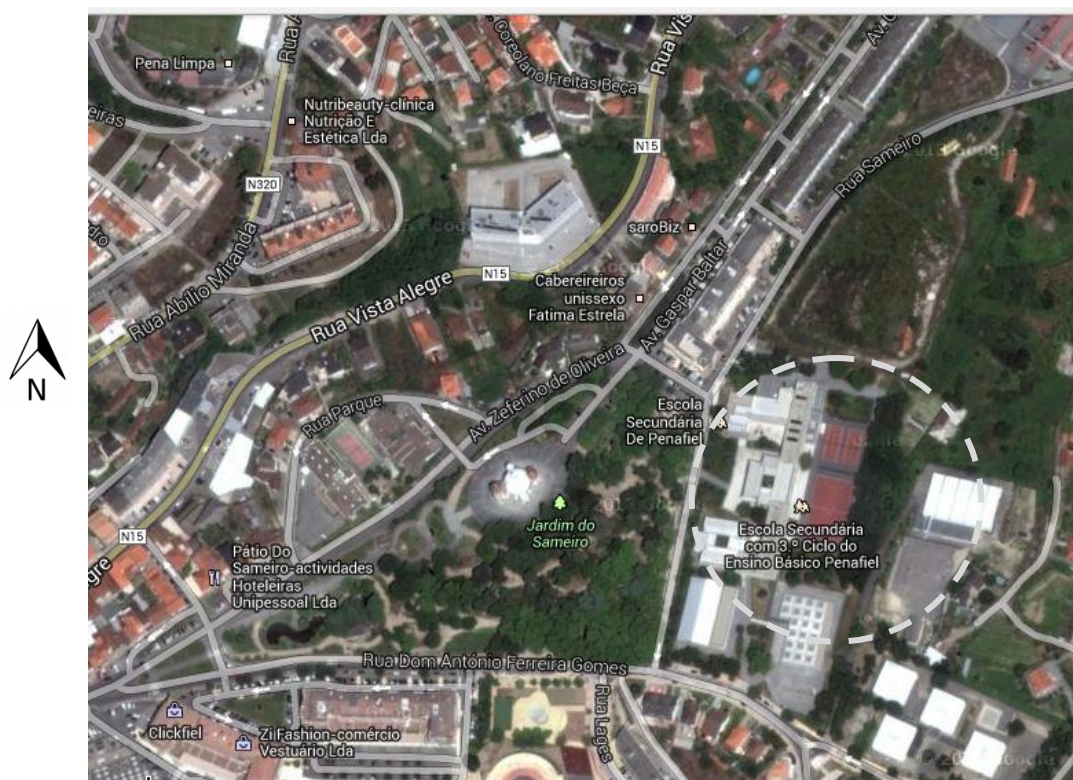


Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da sala analisada:

Orientação da sala: Nordeste (NE)

A sala situa-se no rés-do-chão, compreendida em dois dos seus lados por outras salas (NO e SE) e ligada ao corredor central no lado NO, com uma frente para o exterior (NE).

Soluções construtivas		
Parede exterior	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Vidro duplo incolor (6+10+6 mm)	Aro em aço
Alvenaria de tijolo existente	Caixilharia de alumínio	
ETIC'S (6cm)	Sem proteção exterior	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Céu limpo

Velocidade do vento: 1,21 m/s (O→E)

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios.

Ocupação: Desocupação a partir das 13h30

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	20,9	20,7
Fim	20,5	20,7

4. Plantas da sala a analisar

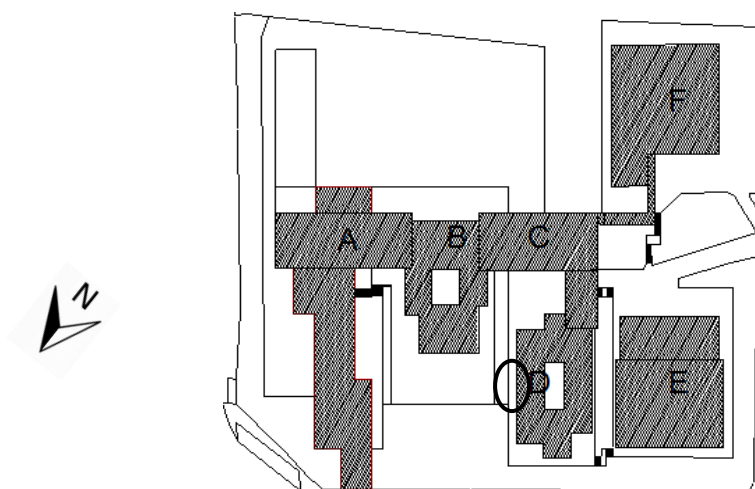


Figura 2 – Planta do edifício escolar, tendo assinalada a localização da sala a inspecionar (Fonte: Fábio Neves)

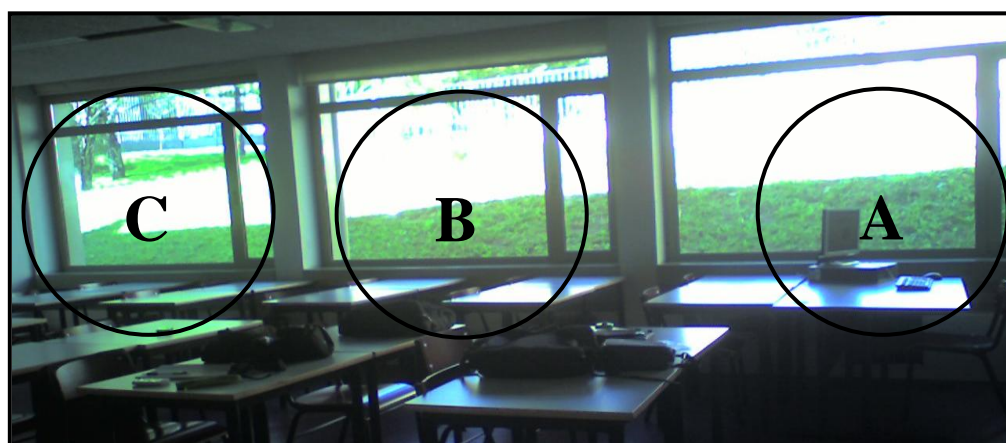


Figura 3 - Perspetiva do elemento em estudo, assinalando a localização das zonas inspecionadas – vista do lado NE

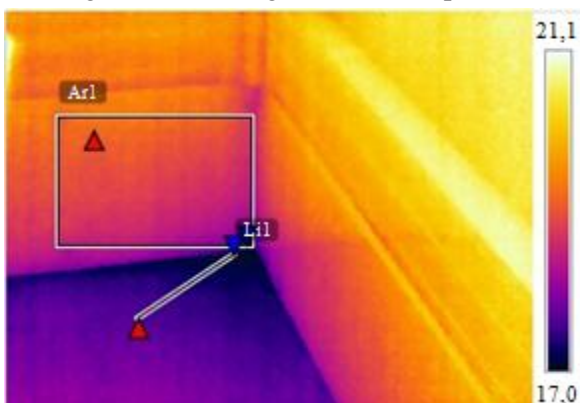
5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B e C. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas		
			$T_{\text{inferior}} (^{\circ}\text{C})$	$T_{\text{superior}} (^{\circ}\text{C})$	$\Delta T (^{\circ}\text{C})$
I	Interior	A	17,5	19,5	2,0
II		B	17,9	19,7	1,8
III		C	16,7	18,1	1,4
IV	Exterior	ETICS (0,92)	18,7	19,2	0,5

REGISTO I – Canto inferior direito da parede exterior (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



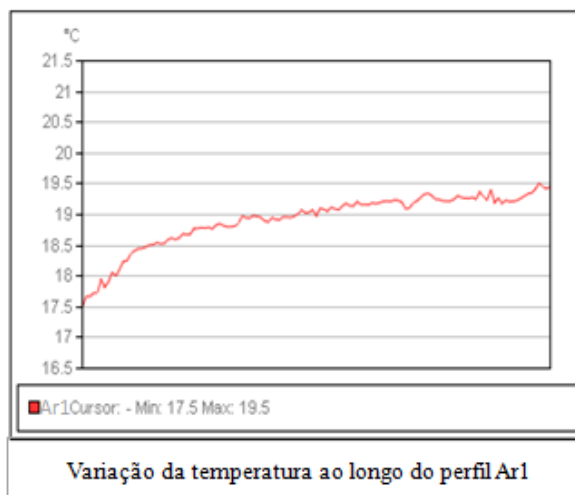
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	19,5
	Min	17,5
	Média	18,9
Li1	Máx	17,9
	Min	17,1
	Média	17,6
Diferença		
	Ar1.Max - Ar1.Min	2,0
	Li1.Max - Li1.Min	0,8

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20,9 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,4 °C



Observações:

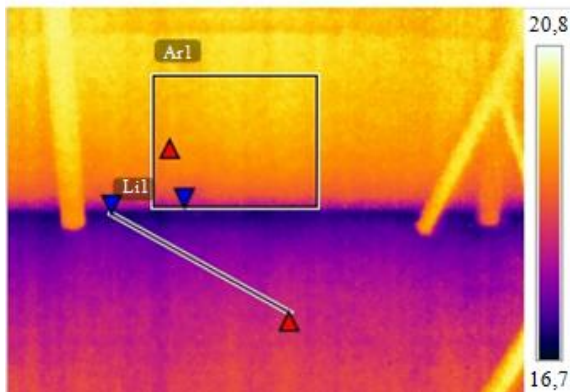
Visualização de heterogeneidade de temperatura no pavimento térreo.

Comentários:

- Possível efeito sombra junto ao rodapé proporcionado pela caixa-de-ar.

REGISTO II – Canto inferior direito da parede exterior (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



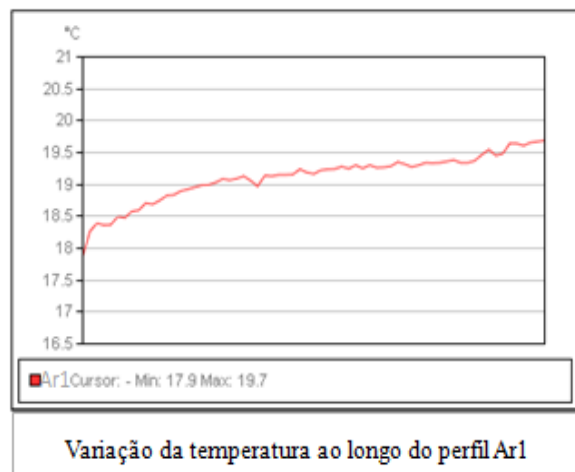
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	19,7
	Mín	17,9
	Média	19,2
Li1	Máx	18,6
	Mín	17,7
	Média	18,2
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		1,8
Li1.Max - Li1.Min		0,9

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	20,9 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,4 °C



Observações:

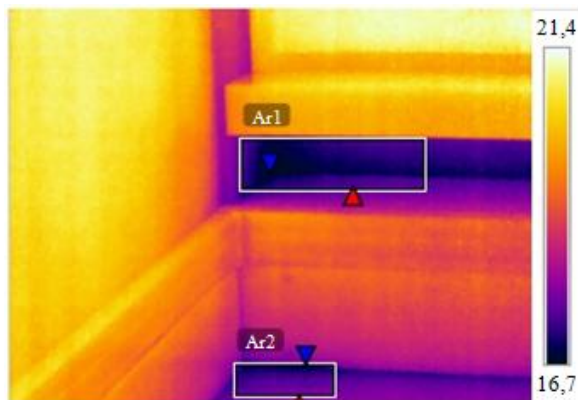
Visualização de heterogeneidade de temperatura no pavimento térreo.

Comentários:

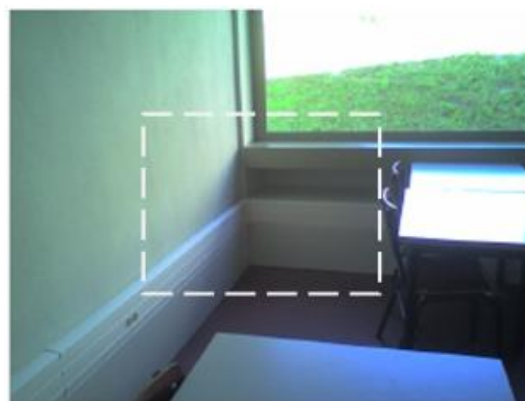
- Possível efeito sombra junto ao rodapé proporcionado pela caixa-de-ar.

REGISTO III – Canto esquerdo do vão inferior do envidraçado da parede exterior (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



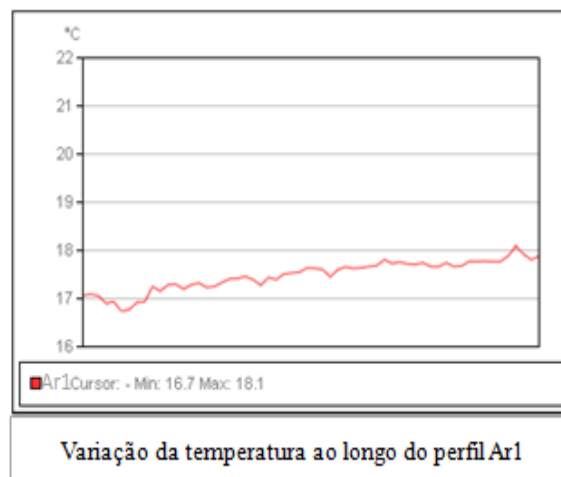
b)

Medições:

		°C
Ar1	Máx	18,1
	Mín	16,7
	Média	17,5
Ar2	Máx	18,3
	Mín	17,0
	Média	17,8
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		1,4
Ar2.Max - Ar2.Min		1,3

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	4 m
Temp. ambiente interior	20,9 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,4 °C



Observações:

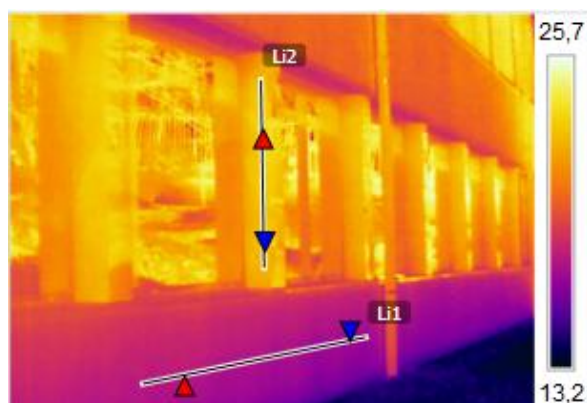
Visualização de heterogeneidade de temperatura sob o vão da parede exterior.

Comentários:

- Risco de aparecimento de humidade por condensação (a temperatura superficial mínima interior fica apenas a 2,3°C acima do ponto de orvalho, sendo provável o aparecimento de condensações superficiais).

REGISTO IV – Parte inferior do vão envidraçado da parede exterior (exterior):

a) Imagem IV; b) Imagem DC correspondente ao IV (tracejado)



a)



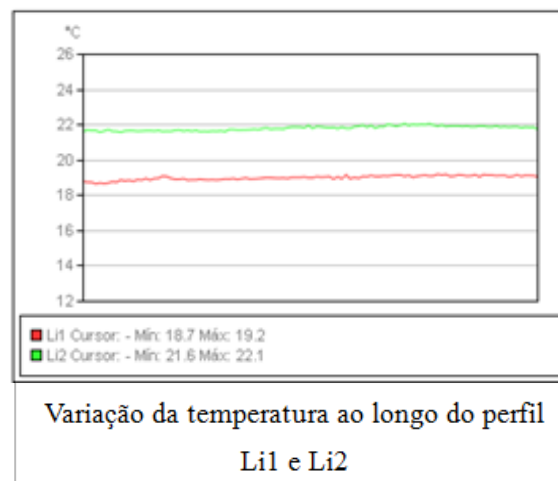
b)

Medições:

		°C
Li1	Máx	19,2
	Mín	18,7
	Média	19,0
Li2	Máx	22,1
	Mín	21,6
	Média	21,8
Diferença		
	Li1.Max – Li1.Min	0,5
	Li2.Max – Li2.Min	0,5

Parâmetros:

Emissividade	0,92
Temp. refl.	20 °C
Distância	6 m
Temp. ambiente interior	20,5 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	9,3 °C



Observações:

Visualização das diferentes temperaturas de elementos distintos – diferentes emissividades (chapa/ETICS)

Anexo III – Relatórios do Estudo 2

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (A)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: Rua Académico Futebol Club 31 1ºD, 4200-602 Porto

Ano de construção: meados de 1998

Data de realização: 5/06/13

Hora início: 10h45

Hora fim: 13h03



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como indicado o apartamento, a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da habitação analisada:

A habitação situa-se no 1º andar, compreendida em por outro apartamento no lado E e ligada ao corredor central e caixa de escadas no lado N, com duas frentes para o exterior (O e S).

Soluções construtivas		
Parede exterior	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Vidro duplo incolor	Porta em madeira
	Caixilharia de alumínio	
	Com proteção exterior	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Nublado

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios.

Ocupação: Não foi desocupada (2 pessoas).

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	21,3	18,0
Fim	22,2	23,0

4. Plantas da habitação a analisar e localização da porta ventiladora

Localização da porta ventiladora: O equipamento foi colocado na porta de entrada.



Figura 2 - Localização da porta ventiladora

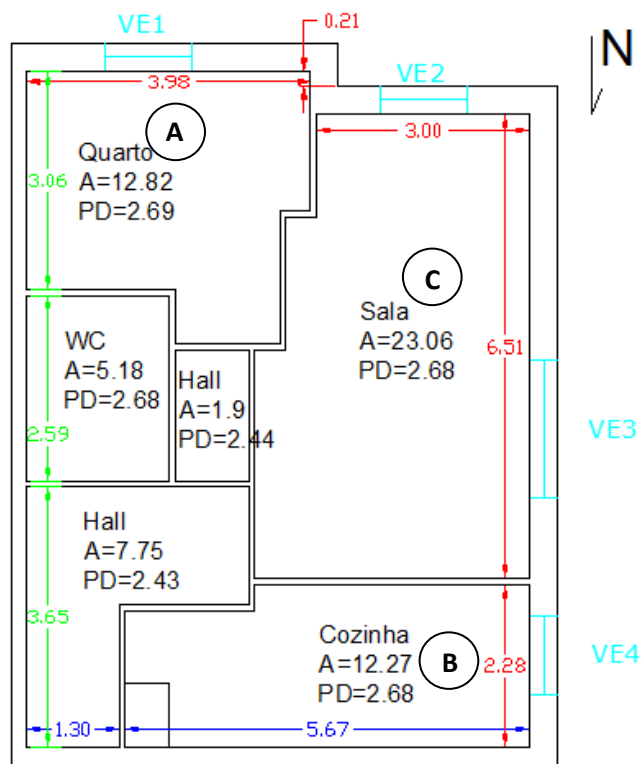


Figura 3 - Planta da fração, assinalada a localização das zonas a inspecionar

5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B e C. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ϵ)	Temperaturas ($^{\circ}\text{C}$)	
			ΔT	$\Delta T_{\text{Blowerdoor}}$
I	Interior	Reboco/ Caixilharia de madeira (0,91)	2,1	2,1
II			2,0	1,5
III			1,2	2,4
IV			2,3	3,0
V			1,4	2,0
VI			-	-

REGISTO I – Perímetro do vão envidraçado da parede exterior do quarto (zona A):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

10:58



a)

<u>Medições:</u>		°C
El1	Máx	18,1
	Mín	19,7
	Média	20,7
Diferença		
El1.Max - El1.Min		2,1

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	21,3 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C

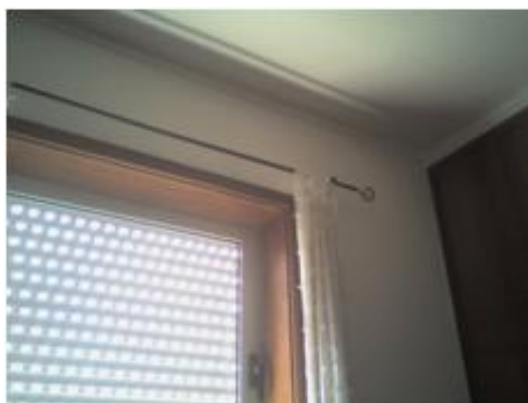
12:46



b)

<u>Medições:</u>		°C
El1	Máx	22,3
	Mín	20,2
	Média	21,4
Diferença		
El1.Max - El1.Min		2,1

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	22,2 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	11 °C



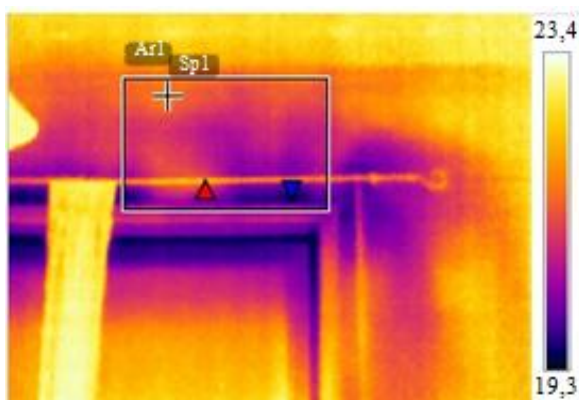
c)

REGISTO II – Parte superior do vão envidraçado da parede exterior do quarto (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

11:00

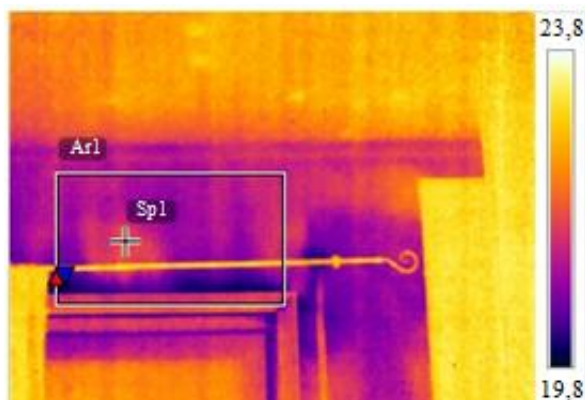


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,5
	Min	19,9
	Média	21,3
Sp1		21,9
Diferença		
Sp1 – Ar1.Min		2,0

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	21,3 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C

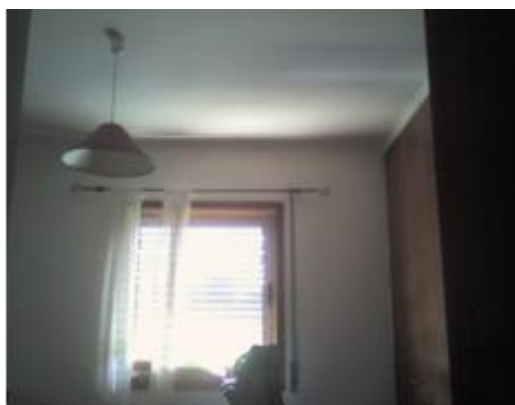
12:44



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,8
	Min	20,5
	Média	21,6
Sp1		21,9
Diferença		
Sp1 – Ar1.Min		1,5

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	22,2 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	11 °C



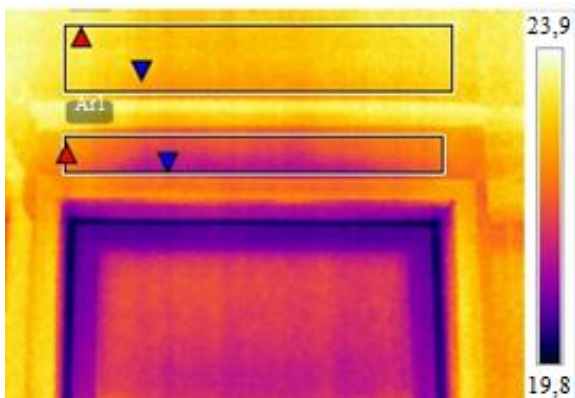
c)

REGISTO III – Parte superior do vão envidraçado da parede exterior da cozinha (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

11:08



a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,8
	Mín	21,6
	Média	22,1
Ar2	Máx	23,5
	Mín	22,5
	Média	22,9
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,2
Ar2.Max – Ar2.Min		1,0

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	21,3 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C

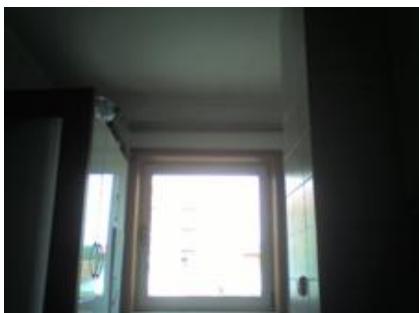
12:36



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,6
	Min	20,2
	Média	21,3
Ar2	Máx	22,7
	Min	21,4
	Média	22,0
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		2,4
Ar2.Max – Ar2.Min		1,3

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	22,2 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	11 °C

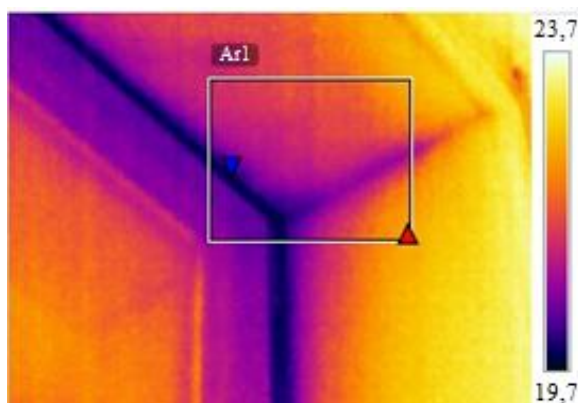


c)

REGISTO VI – Perímetro do vão envidraçado da parede exterior da cozinha (zona B):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:08



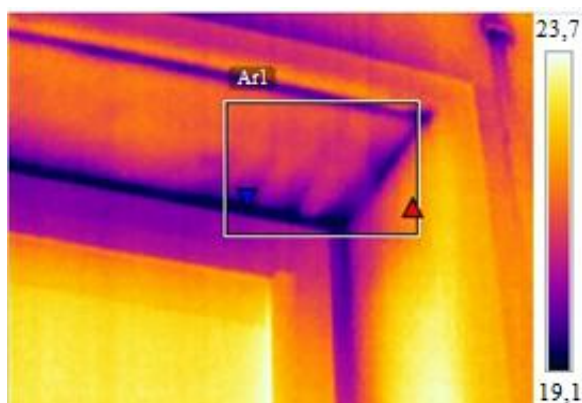
a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,3
	Mín	20,1
	Média	21,4
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		2,3

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	21,3 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C

12:36

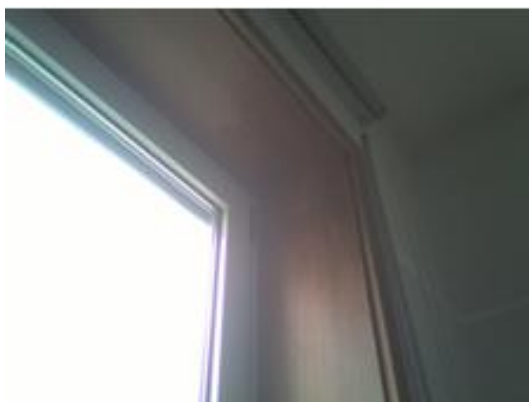


b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,3
	Min	19,3
	Média	21,1
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		3,0

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	22,2 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	11 °C



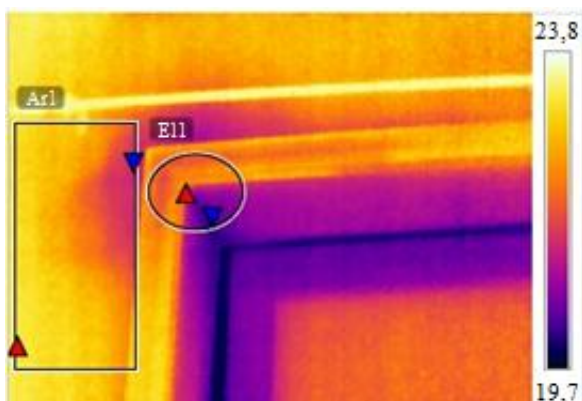
c)

REGISTO V – Parte superior do vão envidraçado da parede exterior Sul da sala (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

11:11

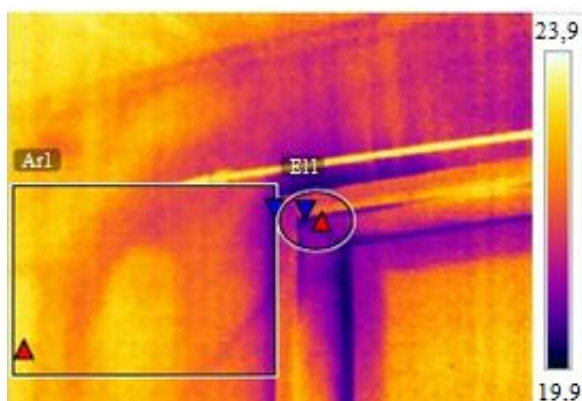


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	23,0
	Min	21,6
	Média	22,4
El1	Máx	22,5
	Min	20,6
	Média	21,8
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,4
El1.Max – El1.Min		1,8

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	21,3 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C

12:39



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,9
	Min	20,9
	Média	22,3
El1	Máx	22,3
	Min	20,9
	Média	21,7
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		2,0
El1.Max – El1.Min		1,4

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	22,2 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	11 °C



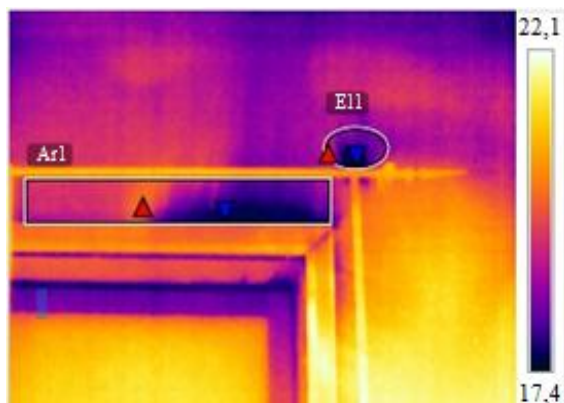
c)

REGISTO VI – Parte superior do vão envidraçado da parede exterior Oeste da sala (zona C):

a) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

b) Imagem DC correspondente ao IV

11:23



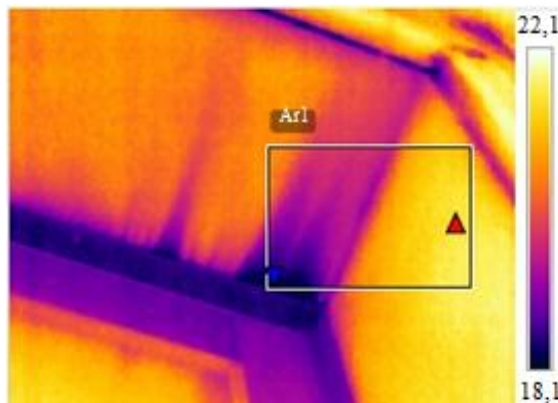
a) (1)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	20,0
	Min	17,7
	Média	18,9
El1	Máx	19,3
	Min	17,5
	Média	18,6
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		2,3
El1.Max – El1.Min		1,8

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	21,3 °C
Temp. ambiente exterior	18 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,8 °C

12:24

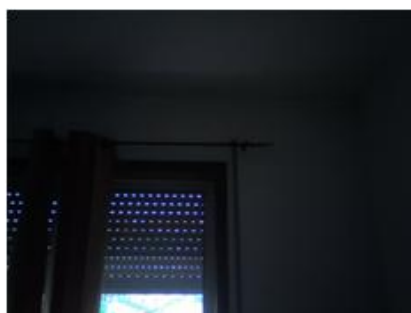


a) (2)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	21,4
	Min	18,4
	Média	20,3
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		3,0

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1 m
Temp. ambiente interior	22,2 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	49%
Temp. sup. ponto de orvalho	11 °C



b)

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (B)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: Praça Augusto Lino dos Santos 238, 4400-029 Vila Nova de Gaia

Ano de inauguração: meados de 1980

Data de realização: 13/06/13

Hora início: 11h30

Hora fim: 14h50



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do local onde se insere o edifício, assinalada a tracejado, bem como indicada a habitação, a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da habitação analisada:

A moradia contém três pisos, compreendida num dos seus lados por outra habitação (N), com três frentes para o exterior.

Soluções construtivas		
Parede exterior	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Vidro simples	Porta em madeira
	Caixilharia de madeira	
	Com proteção exterior	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Nublado

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios.

Ocupação: Não foi desocupada (3 pessoas)

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	19,2	19,9
Fim	19,3	23,0

4. Plantas da habitação a analisar e localização da porta ventiladora

Localização da porta ventiladora: O equipamento foi colocado na entrada principal. Houve necessidade de vedar a porta com outro material pelo motivo da entrada formar um arco no vão superior. O sistema de painel com tela ajustável painel não tem capacidade de encurvar.

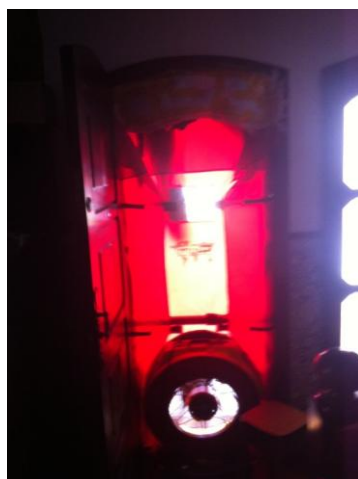


Figura 2 - Localização da porta ventiladora

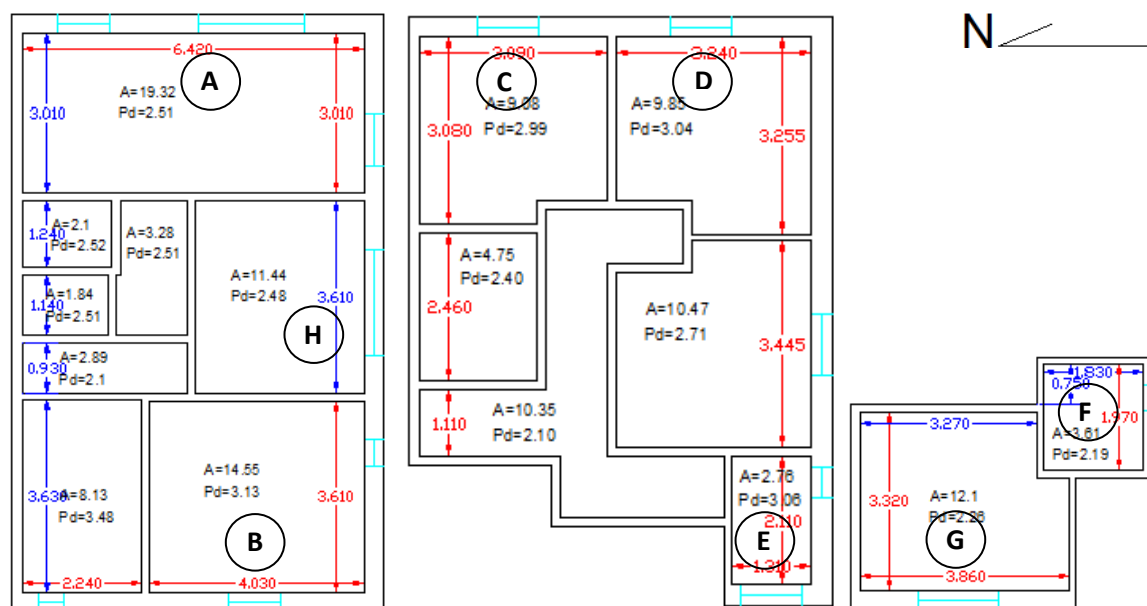


Figura 3 - Planta do 1º, 2º e 3º Piso da fração, da esquerda para a direita, respetivamente. Assinalada a localização das zonas a inspecionar

5. Registo das zonas a inspecionar

Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B, C, D, E, F, G e H. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

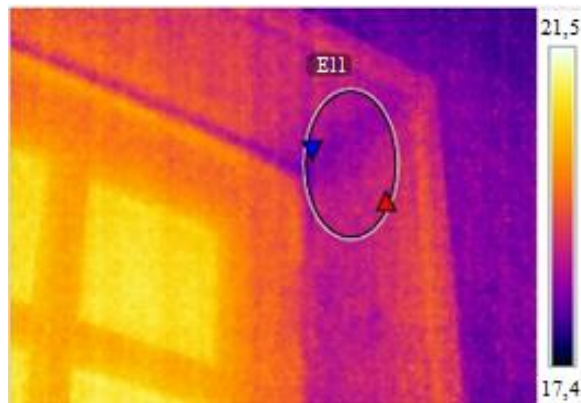
Registo	Zona	Material/ Emissividade (ε)	Temperaturas (°C)	
			ΔT	ΔT _{Blowerdoor}
I	A	Reboco/ Caixilharia de madeira (0,91)	0,6	1,5
II			1,0	3,4
III			0,8	1,5
IV	B		1,0	3,4
V	C		1,0	1,0
VI			1,8	1,3
VII	D		1,1	1,2
VIII	E		0,5	0,8
IX	F		0,9	1,8
X	G/H		-	-

REGISTO I – Perímetro do vão envidraçado esquerdo da parede exterior E da cozinha (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

11:51



a)

<u>Medições:</u>		°C
El1	Máx	19,4
	Mín	18,9
	Média	19,2
Diferença		
El1.Max - El1.Min		0,6

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

14:21



b)

<u>Medições:</u>		°C
El1	Máx	20,5
	Mín	19,0
	Média	19,7
Diferença		
El1.Max - El1.Min		1,5

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C

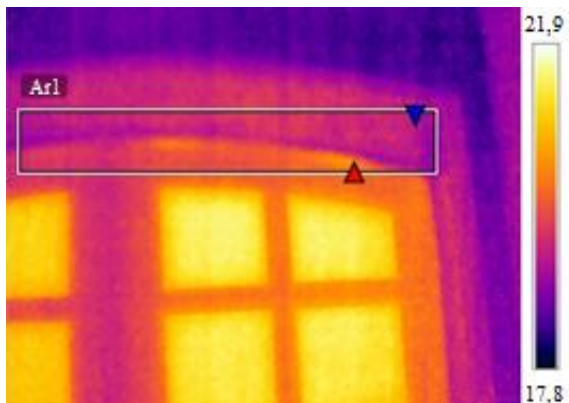


c)

REGISTO II – Perímetro do vão envidraçado da parede exterior S da cozinha (zona A):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:54



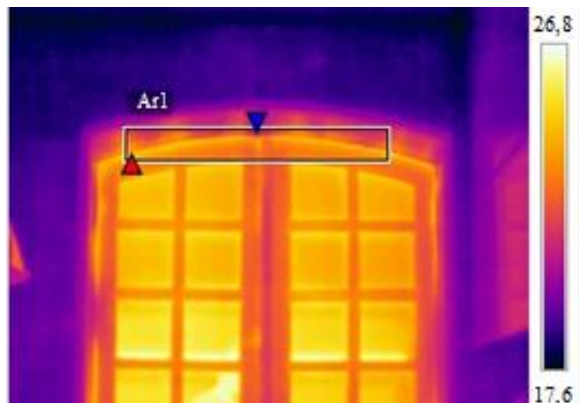
a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	20,2
	Min	19,2
	Média	19,6
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,0

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

14:23



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	23,8
	Min	20,4
	Média	22,3
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		3,4

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C



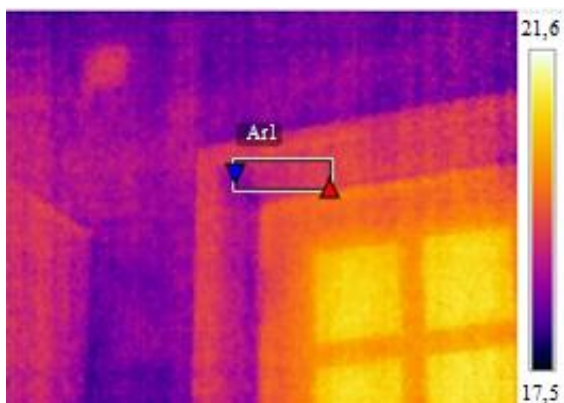
c)

REGISTO III – Perímetro do vão envidraçado direito da parede exterior E da cozinha (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

11:55

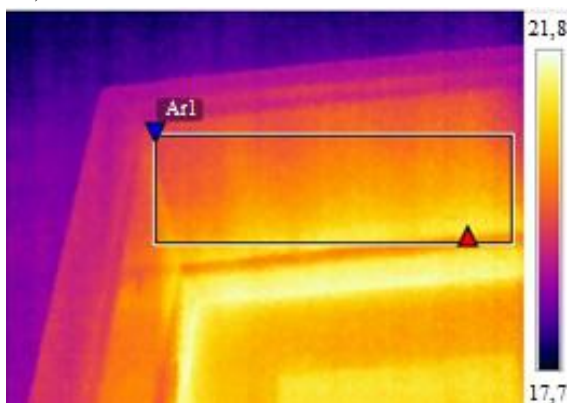


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	19,5
	Mín	18,7
	Média	19,1
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		0,8

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

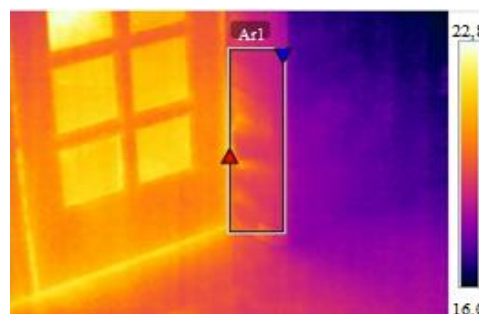
14,23



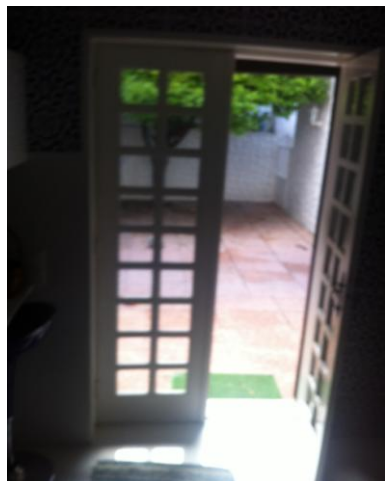
b) (1)



b) (2)



b) (3)



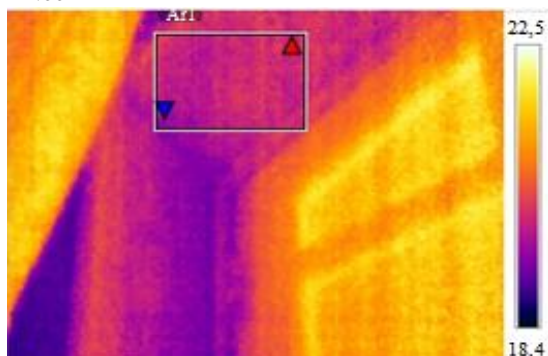
c)

<u>Medições:</u>		°C
Ar(1)	Máx	21,1
	Min	19,6
	Média	20,3
Diferença		
Ar(1).Max – Ar(1).Min		1,5
Li(2).Max – Li(2).Min		1,0
El(2).Max – El(2).Min		1,7
Ar(2).Max – Ar(2).Min		1,7
Ar(3).Max – Ar(3).Min		2,3

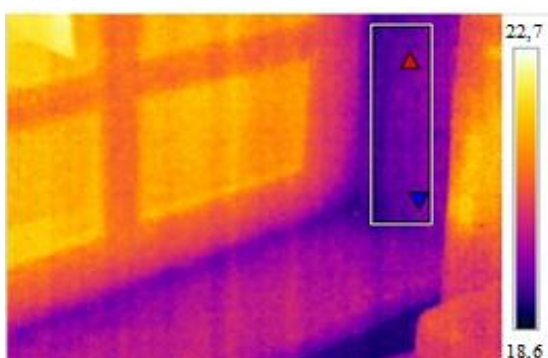
REGISTO IV – Envidraçado da parede exterior O da sala (zona B):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

12:00



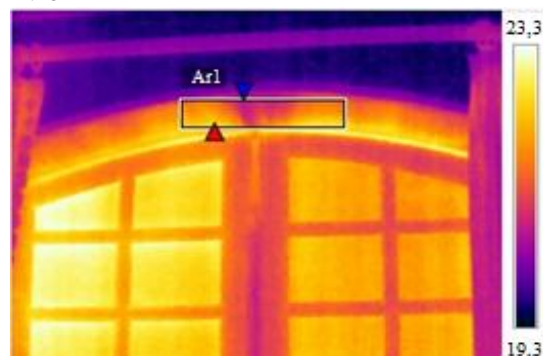
a) (1)



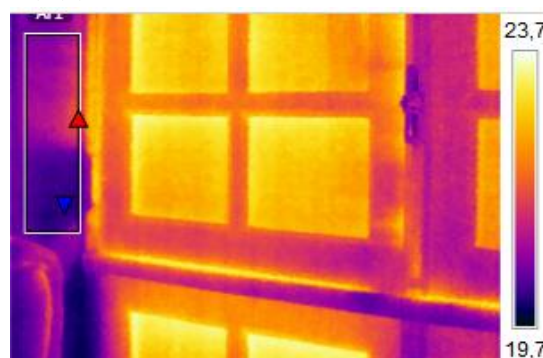
a) (2)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1 (1)	Máx	20,2
	Mín	19,2
	Média	19,6
Ar1 (2)	Máx	20,1
	Mín	19,4
	Média	19,8
Diferença		
Ar1(1).Max – Ar1(1).Mín		1,0
Ar1(2).Max – Ar1(2).Mín		0,7

14:28



b) (1)



b) (2)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1 (1)	Máx	23,8
	Mín	20,4
	Média	22,3
Ar1 (2)	Máx	22,0
	Mín	20,5
	Média	21,1
Diferença		
Ar1(1).Max – Ar1(1).Mín		3,4
Ar1(2).Max – Ar1(2).Mín		1,5



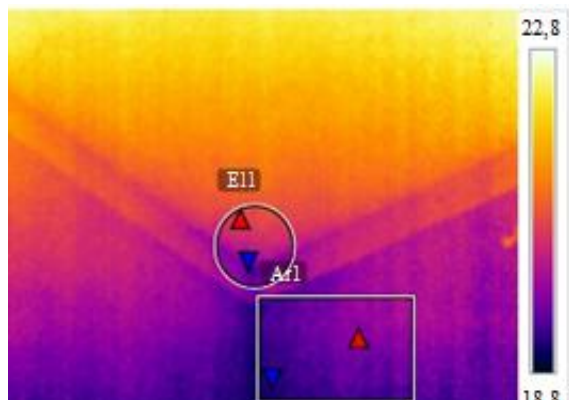
c)

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C

REGISTO V – Canto superior esquerdo da parede exterior quarto 1 (zona C):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

12:28

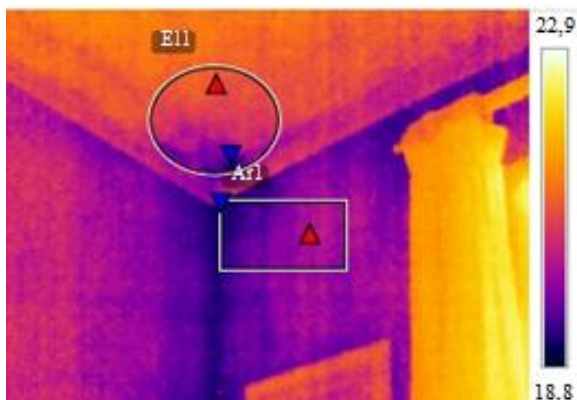


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	20,4
	Mín	19,5
	Média	19,9
El1	Máx	20,8
	Mín	19,8
	Média	20,3
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		0,9
El1.Max – El1.Min		1,0

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

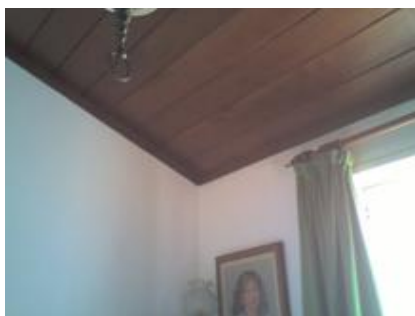
14:33



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	20,5
	Min	19,7
	Média	20,1
El1	Máx	20,7
	Min	19,7
	Média	20,3
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		0,8
El1.Max – El1.Min		1,0

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C



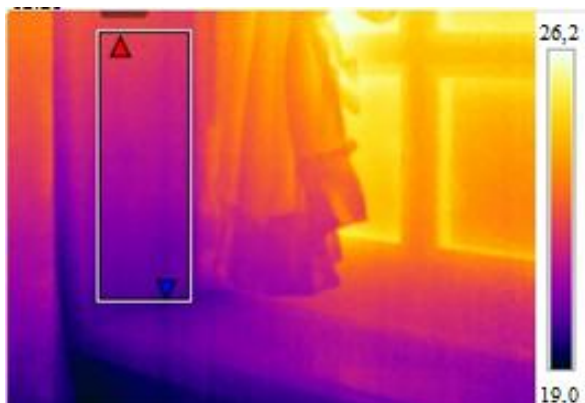
c)

REGISTO VI – Canto inferior do vão envidraçado da parede exterior quarto 1 (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

12:28



a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,0
	Mín	20,2
	Média	21,1
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,8

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

14:32

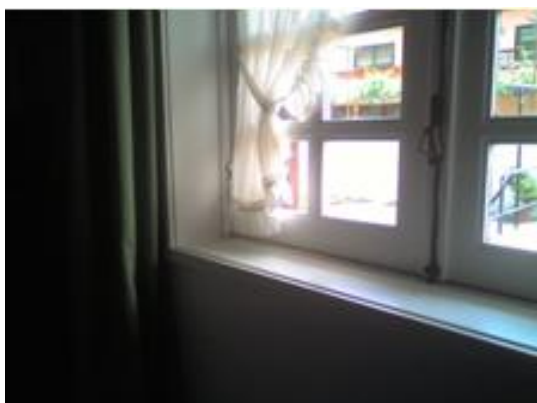


b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,2
	Mín	20,9
	Média	21,3
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,3

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C



c)

REGISTO VII – Canto superior direito do vão envidraçado da parede exterior quarto 2 (zona D):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

12:34

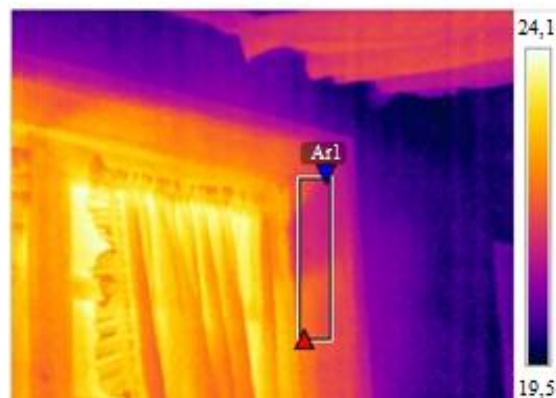


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	21,4
	Min	20,3
	Média	20,9
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,1

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

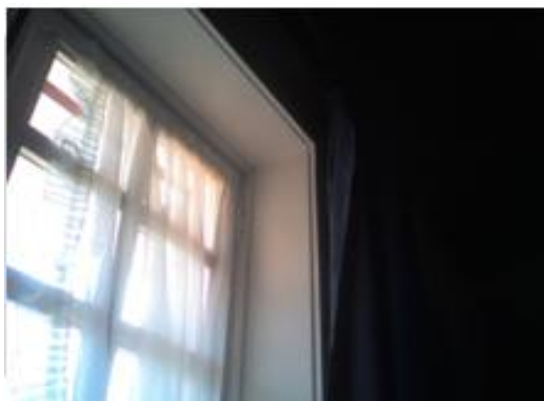
14:35



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,2
	Min	21,0
	Média	21,5
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,2

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C

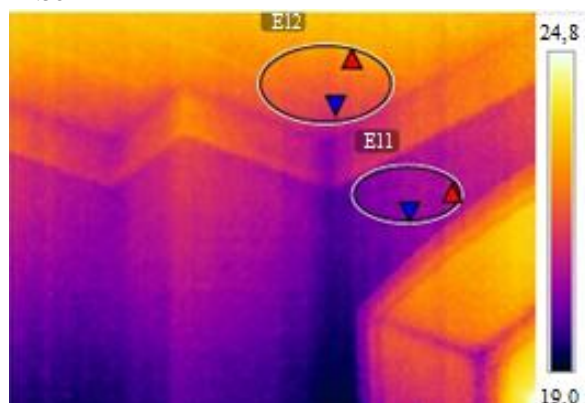


c)

REGISTO VIII – Canto superior direito da parede exterior do corredor (zona E):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

12:38



a)

<u>Medições:</u>		°C
E11	Máx	20,5
	Min	20,0
	Média	20,2
E12	Máx	21,5
	Min	20,4
	Média	21,0
Diferença		
E11.Max – E11.Min		0,5
E12.Max – E12.Min		1,1

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

14:38



b)

<u>Medições:</u>		°C
E11	Máx	20,7
	Min	19,9
	Média	20,2
E12	Máx	21,2
	Min	20,3
	Média	20,9
Diferença		
E11.Max – E11.Min		0,8
E12.Max – E12.Min		1,0

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C

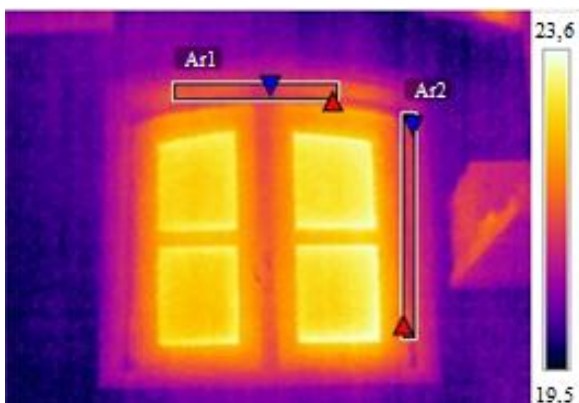


c)

REGISTO IX – Perímetro do vão envidraçado da parede exterior do WC (zona F):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

12:42

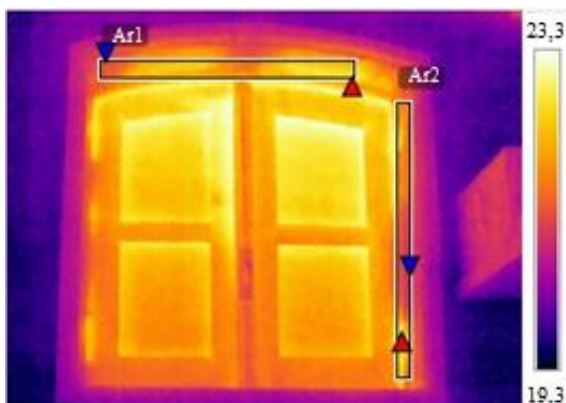


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	21,5
	Mín	20,8
	Média	21,2
Ar2	Máx	21,5
	Mín	20,6
	Média	21,0
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		0,7
Ar2.Max – Ar2.Min		0,9

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	19,2 °C
Temp. ambiente exterior	19,9 °C
Humidade relativa	73%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,3 °C

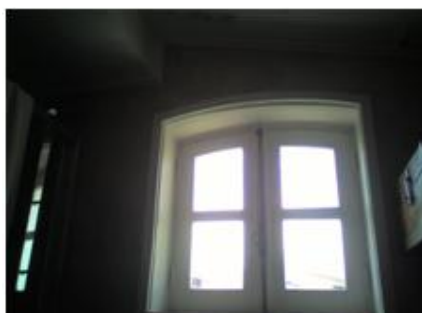
14:41



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	22,6
	Mín	21,2
	Média	22,0
Ar2	Máx	22,6
	Mín	20,8
	Média	21,7
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,4
Ar2.Max – Ar2.Min		1,8

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C

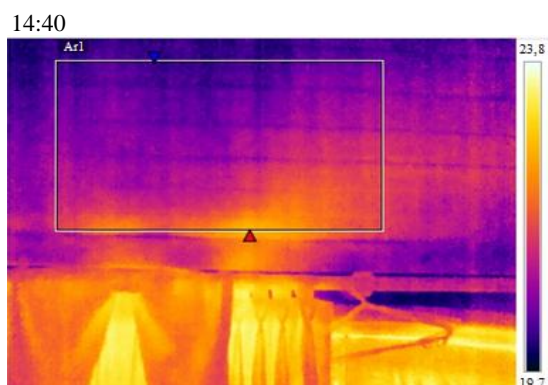


c)

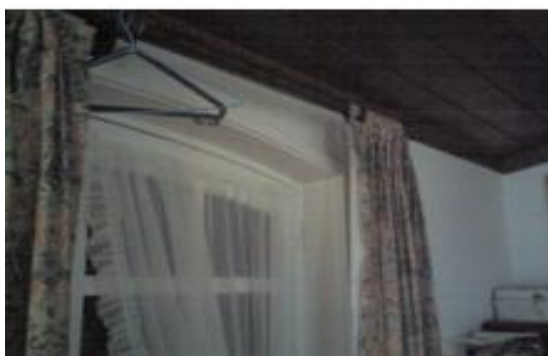
REGISTO IV – (1) Parte superior do vão envidraçado da parede exterior do quarto 3 (zona G);

(2) Parte superior do vão envidraçado da parede exterior do quarto 3 (zona H):

a) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora; b) Imagem DC correspondente ao IV



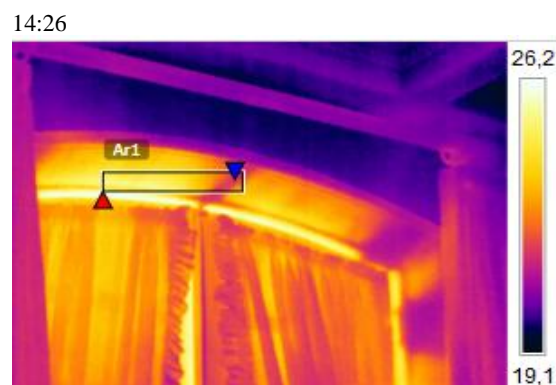
a) (1)



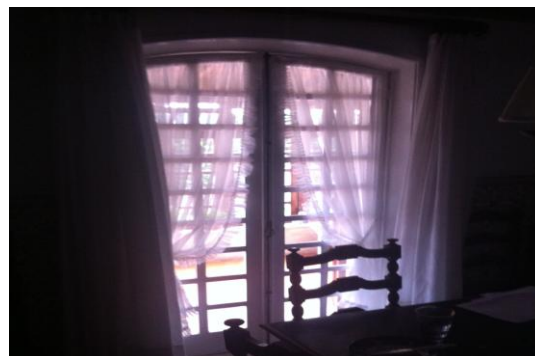
b) (1)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1 (1)	Máx	22,2
	Min	20,5
	Média	21,0
Diferença		
Ar1(1).Max – Ar1(1).Min		1,7

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C



a) (2)



b) (2)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1 (2)	Máx	25,6
	Min	21,6
	Média	24,0
Diferença		
Ar1(2).Max – Ar1(2).Min		4,0

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	19,3 °C
Temp. ambiente exterior	23 °C
Humidade relativa	74%
Temp. sup. ponto de orvalho	14,6 °C

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (C)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: Rua da Bateria 225 C, 3ºesq. frente, 4450-800 Leça da Palmeira

Ano de construção: 2001

Data de realização: 14/06/13

Hora início: 11h00

Hora fim: 12h43



Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado, bem como indicado o apartamento, a traço contínuo (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da habitação analisada:

O apartamento de dois pisos situa-se no 3º andar, sendo o primeiro compreendido em dois dos seus lados por outras habitações (O e E) e ligada ao corredor central no lado S e O, com uma frente para o exterior (N). No segundo piso existem duas frentes para o exterior (N e S).

Soluções construtivas		
Parede exterior	Envidraçados	Porta
Reboco interior	Vidro simples	Porta em madeira
	Caixilharia de alumínio	
	Com proteção exterior	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Nevoeiro

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios

Ocupação: Desocupação a partir das 9h

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	20,0	20,7
Fim	20,7	21,0

4. Plantas da habitação a analisar e localização da porta ventiladora

Localização da porta ventiladora: O equipamento foi colocado entre a cozinha e a marquise



Figura 2 - Localização da porta ventiladora

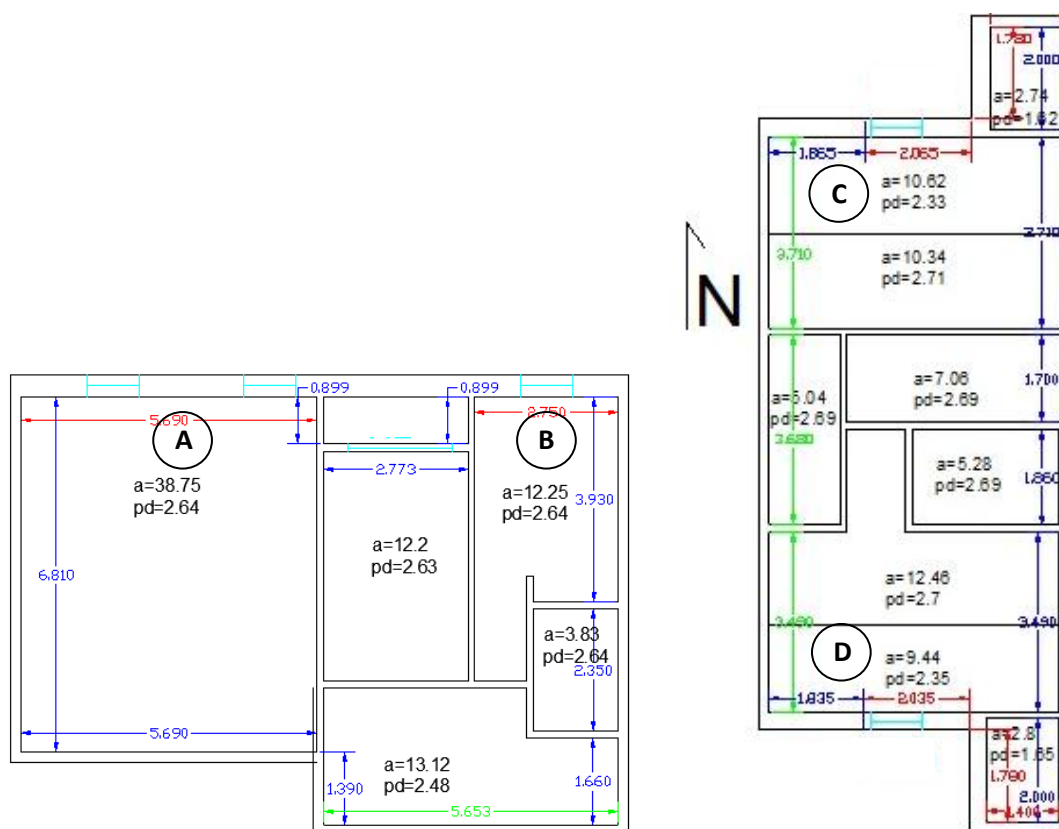


Figura 3 - Planta do 1º e 2º Piso da fração, da esquerda para a direita, respetivamente. Assinalada a localização das zonas a inspecionar

5. Registo das zonas a inspecionar

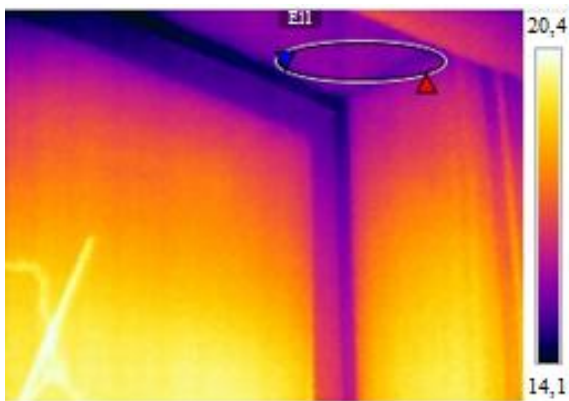
Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura mais relevantes, encontradas nas zonas A, B, C e D. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ε)	Temperaturas (°C)	
			ΔT	$\Delta T_{\text{Blowerdoor}}$
I	Interior	Reboco (0,91)	1,1	2,5
II			1,8	2,8
III			0,8	1,5
IV			0,8	1,5
V			0,7	1,8

REGISTO I – Perímetro do vão envidraçado esquerdo da parede exterior da sala (zona A):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:08

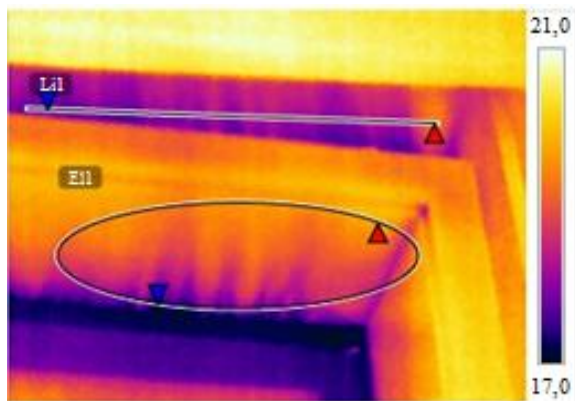


a)

<u>Medições:</u>		°C
El1	Máx	16,3
	Min	15,2
	Média	16,0
Diferença		
El1.Max - El1.Min		1,1

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1,5 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,6 °C

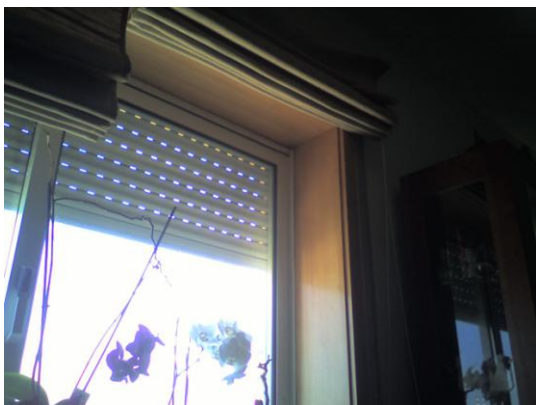
12:38



b)

<u>Medições:</u>		°C
El1	Máx	19,8
	Min	17,3
	Média	19,0
Li1	Máx	19,5
	Min	17,6
	Média	18,2
Diferença		
El1.Max - El1.Min		2,5
Li1.Max - Li1.Min		1,9

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	1 m
Temp. ambiente interior	20,7 °C
Temp. ambiente exterior	21 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,2 °C

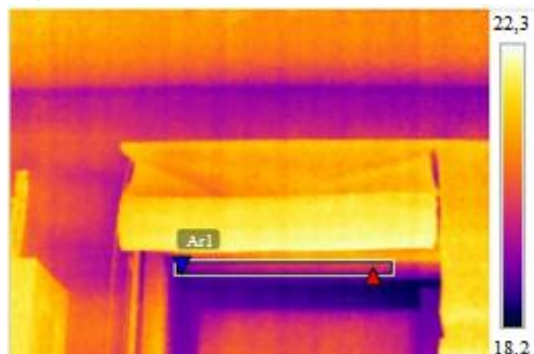


c)

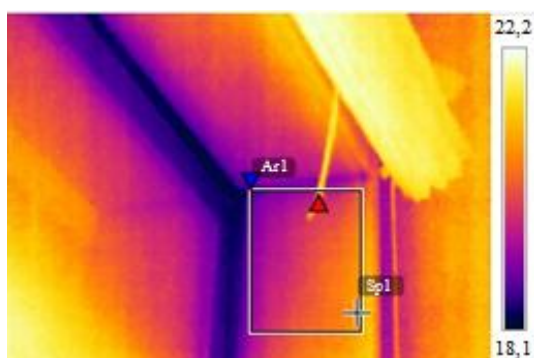
REGISTO II – Perímetro do vão envidraçado direito da parede exterior da sala (zona A):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:11



a) (1)

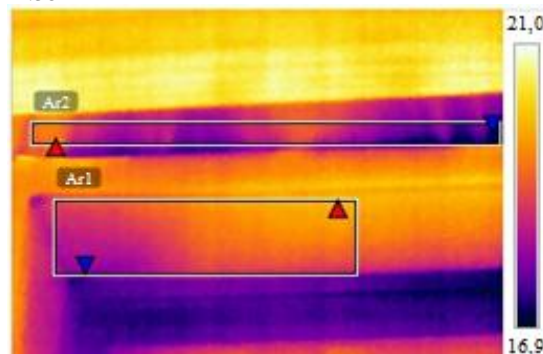


a) (2)

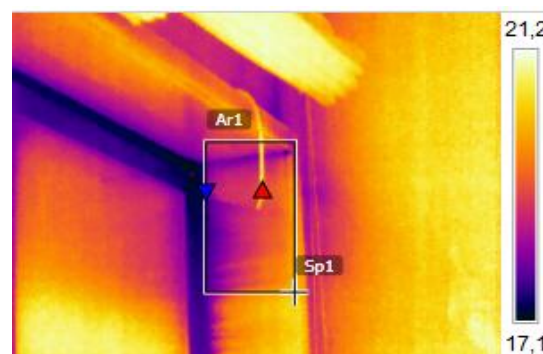
Medições:		°C
Ar1(1)	Máx	20,7
	Min	19,4
	Média	20,1
Ar1(2)	Máx	21,4
	Min	19,0
	Média	20,2
Sp1		20,8
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		1,3
Sp1- Ar2.Min		1,8

Parâmetros:	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,6 °C

12:38

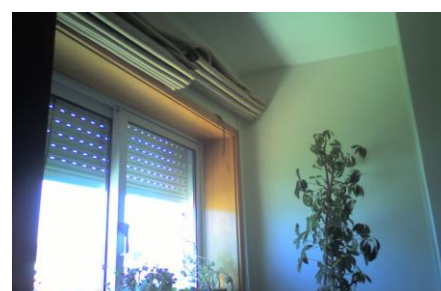


b) (1)



b) (2)

Medições:		°C
Ar1(1)	Máx	19,9
	Min	17,9
	Média	19,0
Ar1(2)	Máx	20,7
	Min	17,6
	Média	19,3
Sp1		20,4
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		2,0
Sp1 - Ar2.Min		2,8

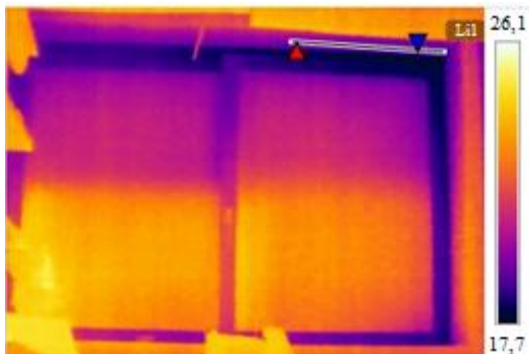


c)

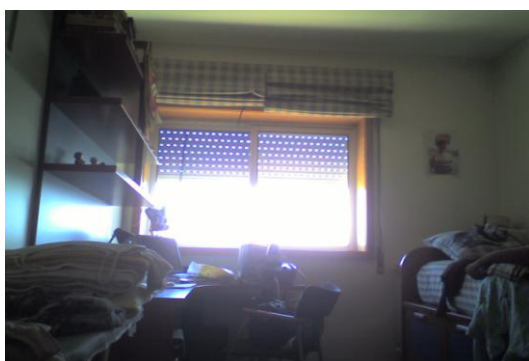
REGISTO III – Envidraçado da parede exterior O da sala (zona B):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:14



a) (1)

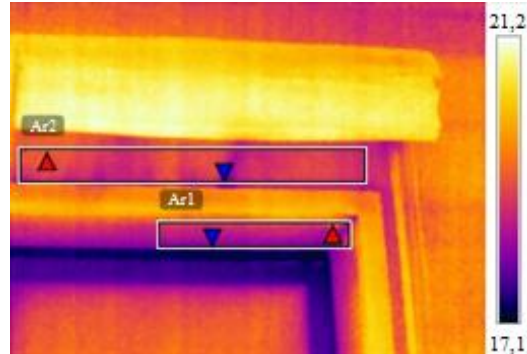


c)

<u>Medições:</u>		°C
Li1 (1)	Máx	19,7
	Mín	18,9
	Média	19,3
Diferença		
Ar1(1).Max – Ar1(1).Min		0,8

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	4 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,6 °C

12:39



b) (1)



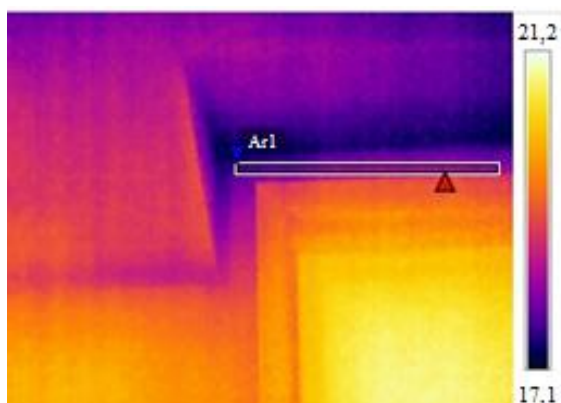
b) (2)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1 (1)	Máx	19,7
	Mín	18,2
	Média	19,0
Ar2 (1)	Máx	19,7
	Mín	18,5
	Média	19,4
El1 (2)	Máx	19,6
	Mín	17,7
	Média	18,9
El2 (2)	Máx	19,2
	Mín	18,0
	Média	18,8
Diferença		
Ar1(1).Max – Ar1(1).Min		1,5
Ar2(1).Max – Ar2(1).Min		1,3
El1(2).Max – El1(2).Min		1,9
El2(2).Max – El2(2).Min		1,2

REGISTO IV – Perímetro do vão envidraçado do quarto 2 (zona C):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:26

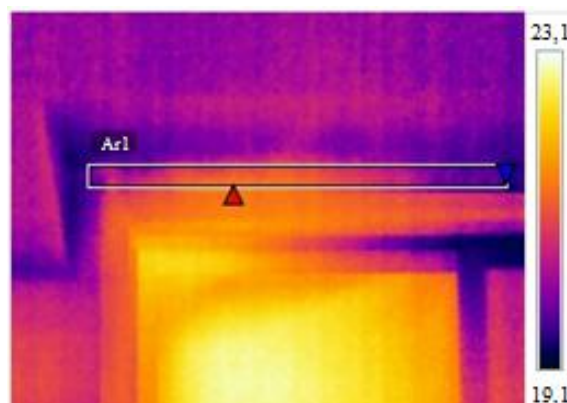


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	18,7
	Min	17,9
	Média	18,3
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		0,8

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,6 °C

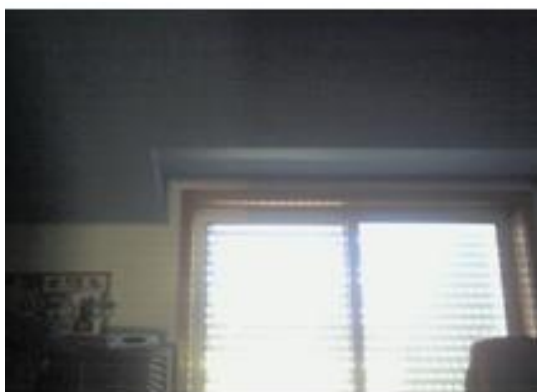
12:42



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	21,3
	Min	19,8
	Média	20,7
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		1,5

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	20,7 °C
Temp. ambiente exterior	21 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,2 °C

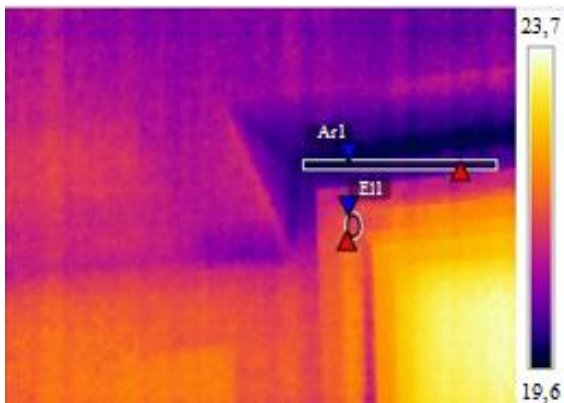


c)

REGISTO V – Perímetro do vão envidraçado do quarto 3 (zona D):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

11:29

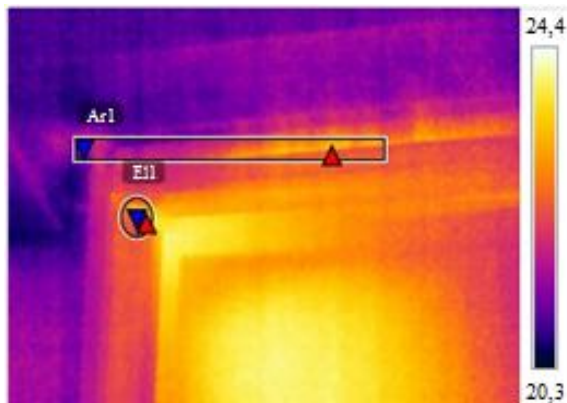


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	20,7
	Mín	20,0
	Média	20,4
El1	Máx	21,2
	Mín	20,9
	Média	21,1
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		0,7
El1.Max – El1.Min		0,3

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	20 °C
Temp. ambiente exterior	20,7 °C
Humidade relativa	66%
Temp. sup. ponto de orvalho	13,6 °C

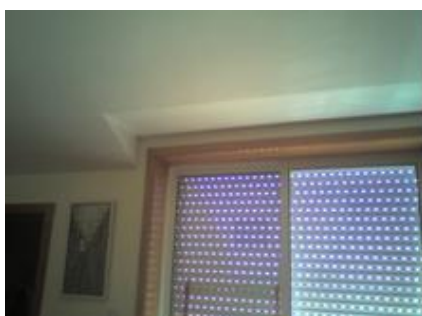
12:341



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	23,2
	Min	21,4
	Média	22,2
El1	Máx	23,3
	Min	22,2
	Média	22,5
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,8
El1.Max – El1.Min		1,1

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	20,7 °C
Temp. ambiente exterior	21 °C
Humidade relativa	58%
Temp. sup. ponto de orvalho	12,2 °C



c)

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO (D)

1. Dados da Obra

Identificação do Edifício: Rua do Junqueiro - Tugilde, 3720-485 Pinheiro da Bemposta

Ano de construção: 2013

Data de realização: 27/06/13

Hora início: 18h30

Hora fim: 21h00

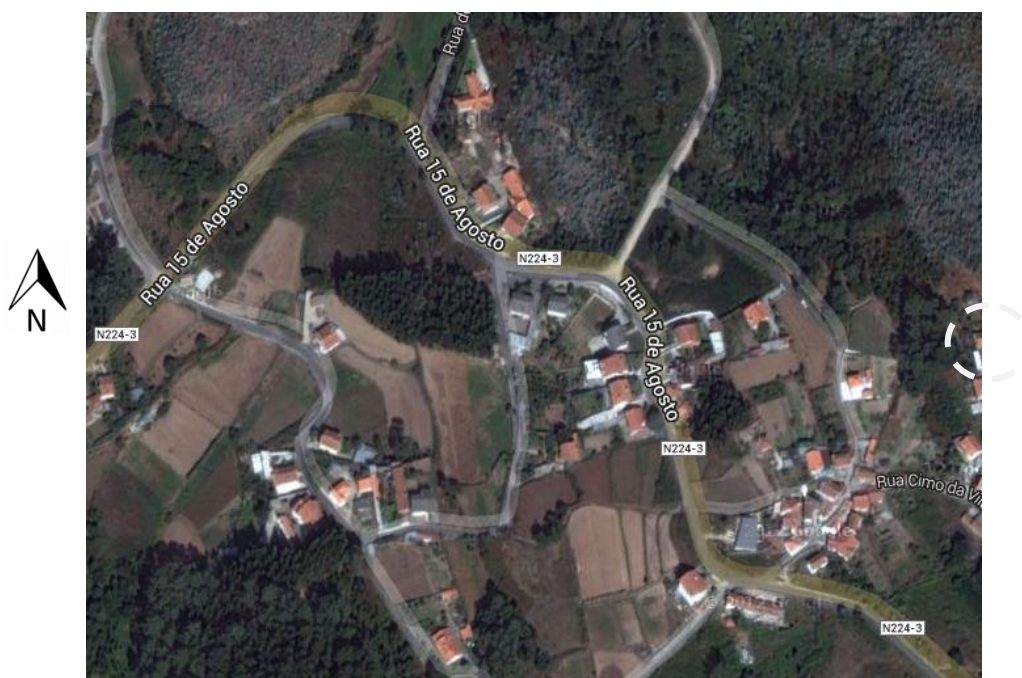


Figura 1 - Vista satélite com a localização geográfica do edifício, assinalada a tracejado (Google Maps - ©2013 Google)

2. Descrição da habitação analisada:

A habitação de tipologia T3 encontra-se isoladamente, com fachadas voltadas nas direções Norte, Sul, Este e Oeste.

Soluções construtivas				
Parede exterior	Parede betão	Pavimento térreo	Cobertura inclinada	Envidraçados
Reboco interior	Betão armado	Soalho	Madeira semi-densa	Vidro duplo
Poliestireno expandido (EPS) (6 cm)	Caixa-de-ar (4cm)	Betão leve	Chapa	incolor (6+12+6 mm)
Tijolo furado (20cm)	Poliestireno expandido (EPS) (6 cm)	Plástico	Espuma rígida de poliuretano em painéis	Caixilharia metálica com rotura térmica
Estuque tradicional	Betão armado	Camada de regularização	sanduíche (PUR) (6 cm)	Sem proteção exterior
		Laje aligeirada	Chapa	

3. Dados climáticos

Estado do tempo: Céu limpo

Ventilação mecânica: Existente, mas inativa na altura dos ensaios

Ocupação: Desocupada

Variação da temperatura ambiente durante o ensaio:

Tempo de Ensaio/ Temperatura ambiente	Interior (°C)	Exterior (°C)
Início	30,1	33
Fim	28,0	31

4. Plantas da habitação a analisar e localização da porta ventiladora

Localização da porta ventiladora: O equipamento foi colocado na porta de entrada



Figura 3 - Localização da porta ventiladora

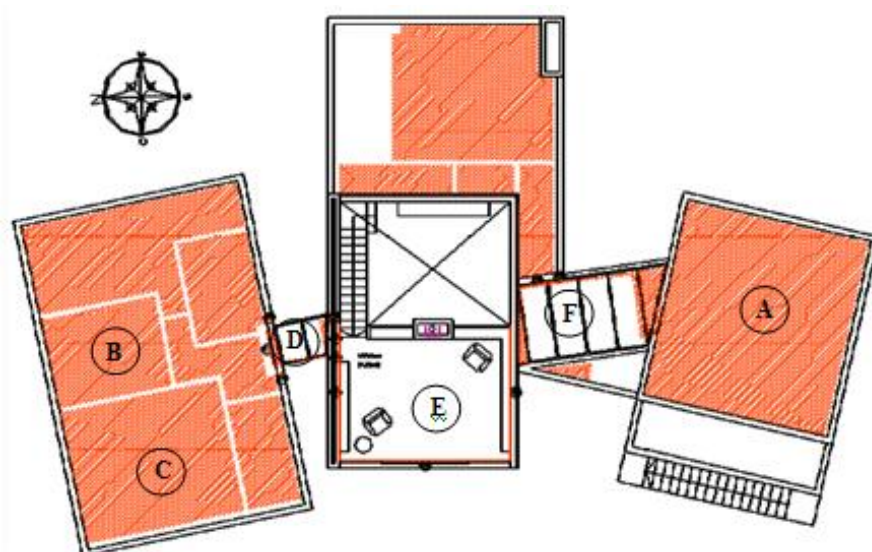


Figura 4 - Planta da habitação, assinalada a localização das zonas a inspecionar (Fonte: Rui Rocha)

5. Registo das zonas a inspecionar

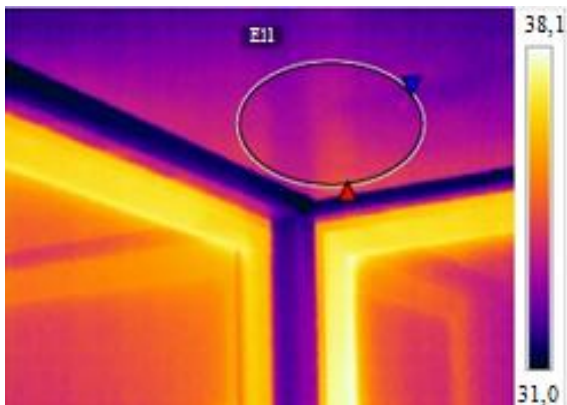
Seguidamente, apresenta-se uma tabela síntese das heterogeneidades de temperatura superficial mais relevantes, encontradas nas zonas A, B, C, D, E e F. Cada zona é descrita posteriormente com o respetivo registo fotográfico (infravermelho e digital) e diagnóstico.

Registo	Zona	Material/ Emissividade (ε)	Temperaturas (°C)	
			ΔT	ΔT _{Blowerdoor}
I	A	Reboco (0,91)	1,4	0,9
II			1,0	3,9
III	B		2,7	2,1
IV	C		1,3	1,0
V			0,3	1,8
VI	D		1,1	2,5
VII	E		1,4	3,7
VIII			0,5	2,3
IX	F		0,8	2,2

REGISTO I – Canto superior esquerdo da parede exterior Sul do escritório (zona A):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

18:41



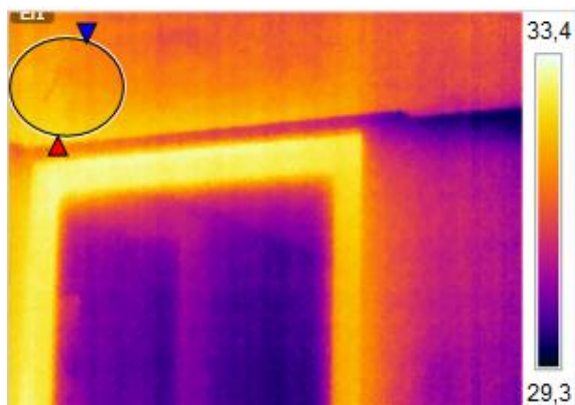
a)

<u>Medições:</u>		°C
EI1	Máx	34,0
	Min	32,6
	Média	33,2
Diferença		
EI1.Max - EI1.Min		1,4

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:32



b)

<u>Medições:</u>		°C
EI1	Máx	32,4
	Min	31,5
	Média	31,9
Diferença		
EI1.Max - EI1.Min		0,9

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C



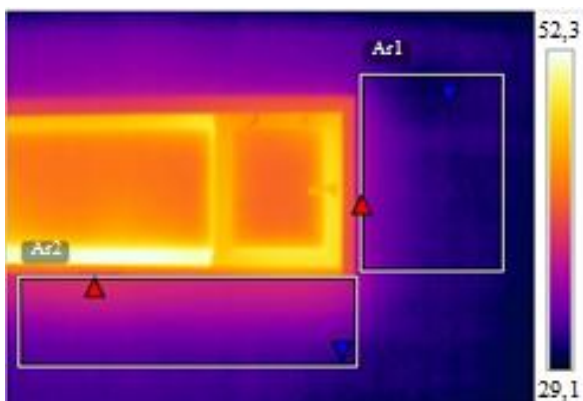
c)

REGISTO II – Perímetro do vão envidraçado da parede exterior Oeste do escritório (zona A):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

18:43

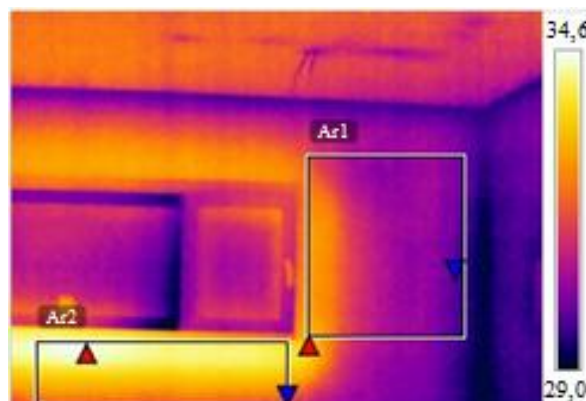


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	32,3
	Mín	29,7
	Média	30,4
Ar2	Máx	35,1
	Mín	30,1
	Média	32,1
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		2,6
Ar2.Max – Ar2.Min		1,0

<u>Parâmetros:</u>		
Emissividade		0,91
Temp. refl.		20 °C
Distância		5 m
Temp. ambiente interior		30,1 °C
Temp. ambiente exterior		33 °C
Humidade relativa		54%
Temp. sup. ponto de orvalho		19,9 °C

20:33



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	32,2
	Min	29,5
	Média	30,7
Ar2	Máx	34,6
	Min	30,7
	Média	32,7
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		2,7
Ar2.Max – Ar2.Min		3,9

<u>Parâmetros:</u>		
Emissividade		0,91
Temp. refl.		20 °C
Distância		6 m
Temp. ambiente interior		28 °C
Temp. ambiente exterior		31 °C
Humidade relativa		48%
Temp. sup. ponto de orvalho		16 °C



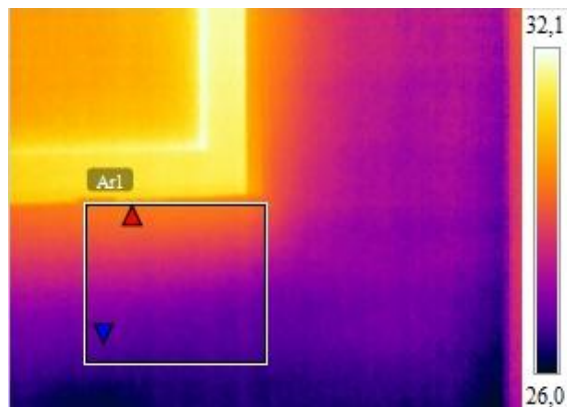
c)

REGISTO III – Canto inferior do vão envidraçado da parede exterior do quarto 2 (zona B):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

18:53



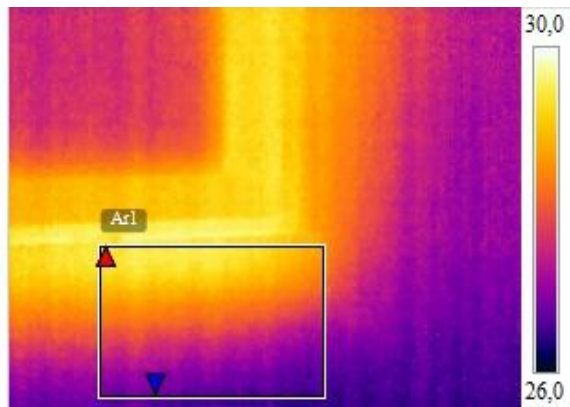
a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	29,2
	Min	26,6
	Média	2,7
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		2,7

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:40



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	29,1
	Min	27,0
	Média	28,0
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		2,1

Parâmetros:

Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C

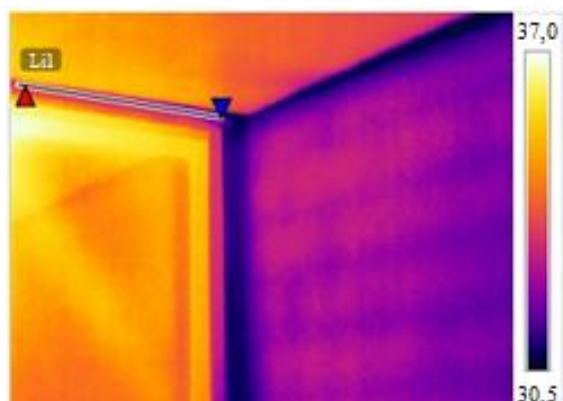


c)

REGISTO IV – Canto superior do vão envidraçado da parede exterior do quarto 3 (zona C):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

19:01

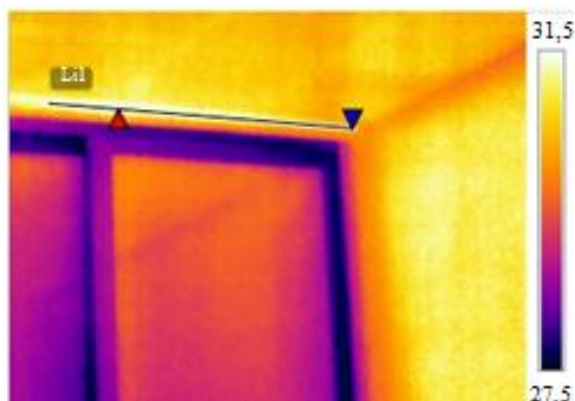


a)

<u>Medições:</u>		°C
Li1	Máx	33,1
	Mín	31,8
	Média	32,7
Diferença		
Li1.Max - Li1.Min		1,3

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:41



b)

<u>Medições:</u>		°C
Li1	Máx	31,3
	Min	30,3
	Média	30,9
Diferença		
Li1.Max - Li1.Min		1,0

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C



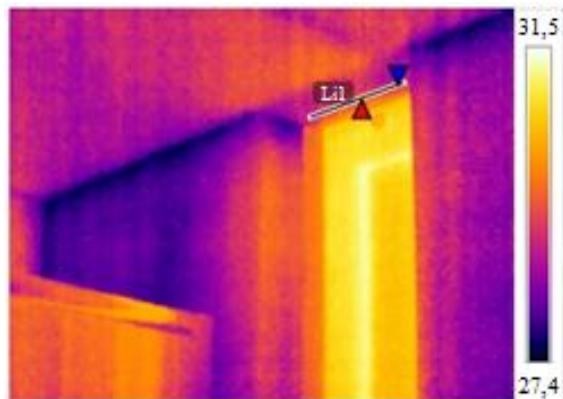
c)

REGISTO V – Canto superior do vão envidraçado da parede exterior da casa de banho (zona C):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

19:05

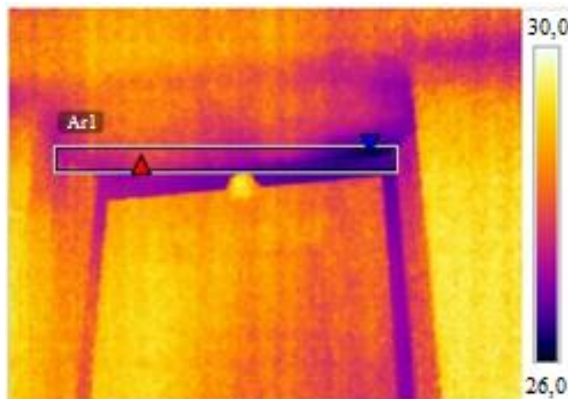


a)

<u>Medições:</u>		°C
Li1	Máx	29,0
	Min	28,7
	Média	28,9
Diferença		
Li1.Max - Li1.Min		0,3

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3,5 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:42



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	28,5
	Min	26,7
	Média	27,9
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		1,8

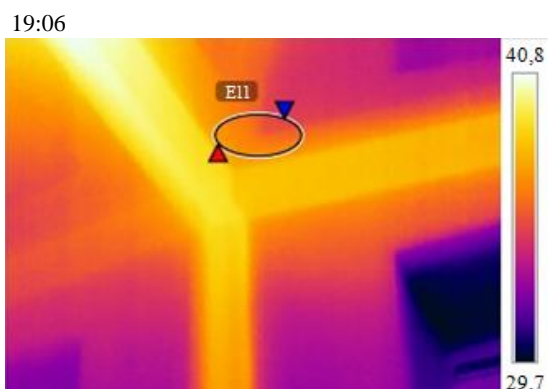
<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C



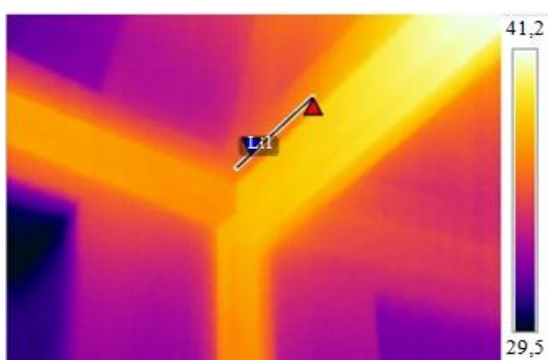
c)

REGISTO VI – Claraboia do corredor (zona D):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

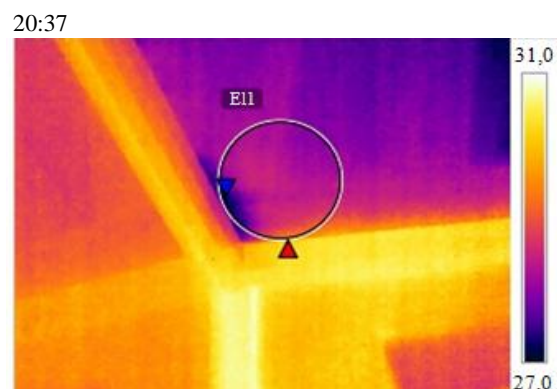


a) (1)

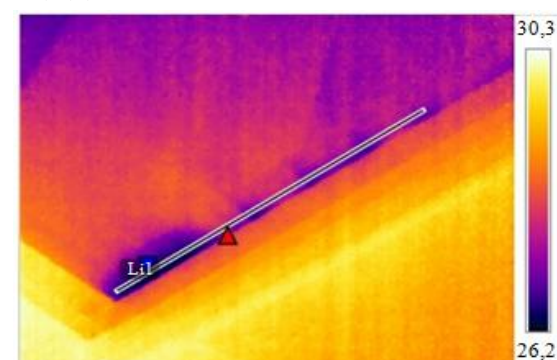


a) (2)

<u>Medições:</u>		°C
El1 (1)	Máx	37,0
	Mín	35,9
	Média	36,1
Li1 (2)	Máx	36,4
	Mín	35,6
	Média	35,9
Diferença		
El1(1).Max – El1(1).Min		1,1
Li1(2).Max – Li1(2).Min		0,8



b) (1)



b) (2)

<u>Medições:</u>		°C
El1 (1)	Máx	30,1
	Mín	27,6
	Média	28,7
Li1 (2)	Máx	28,3
	Mín	26,7
	Média	27,7
Diferença		
El1(1).Max – El1(1).Min		2,5
Li1(2).Max – Li1(2).Min		1,6



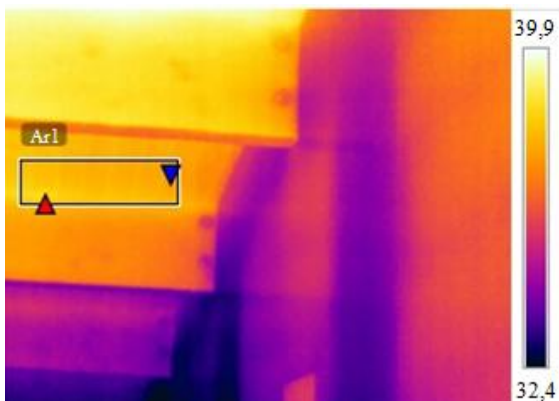
c)

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C

REGISTO VII – Cobertura da sala (zona E):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

19:11

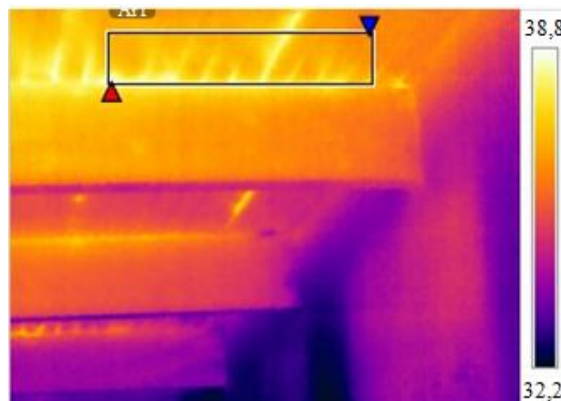


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	38,4
	Min	37,0
	Média	37,5
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		1,4

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	3 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:45



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	39,0
	Min	35,3
	Média	36,3
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		3,7

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C



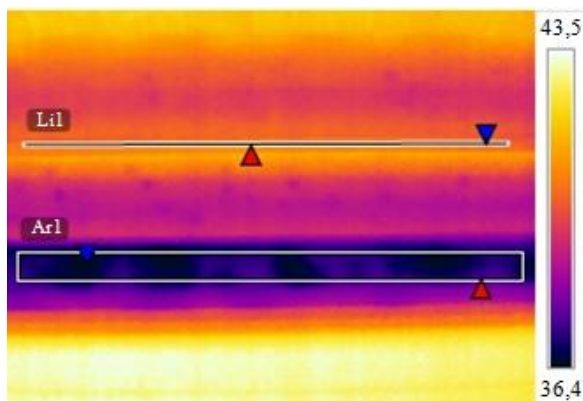
c)

REGISTO VIII – Parte superior do vão envidraçado da parede exterior da biblioteca (zona E):

a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;

c) Imagem DC correspondente ao IV

19:11

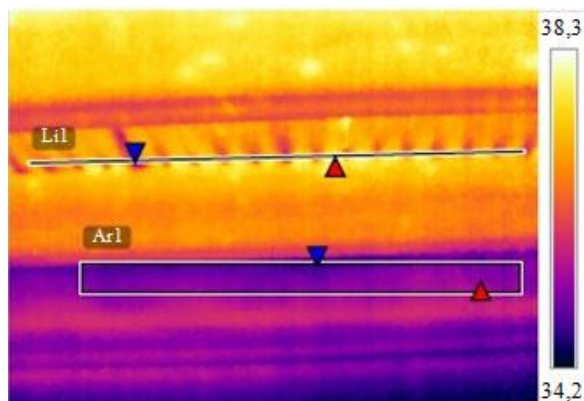


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	37,8
	Mín	36,3
	Média	37,0
Li1	Máx	40,7
	Mín	40,2
	Média	40,5
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		1,5
Li1.Max – Li1.Min		0,5

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:45



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	35,7
	Mín	34,9
	Média	35,3
Li1	Máx	37,7
	Mín	35,4
	Média	36,8
Diferença		
Ar1.Max – Ar1.Min		0,7
Li1.Max – Li1.Min		2,3

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C

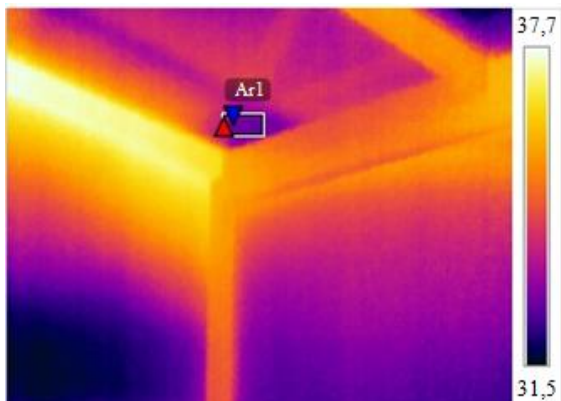


c)

REGISTO IX – Claraboia do hall de entrada (zona F):

- a) Imagem IV; b) Imagem IV com auxílio da Porta Ventiladora;
c) Imagem DC correspondente ao IV

19:21

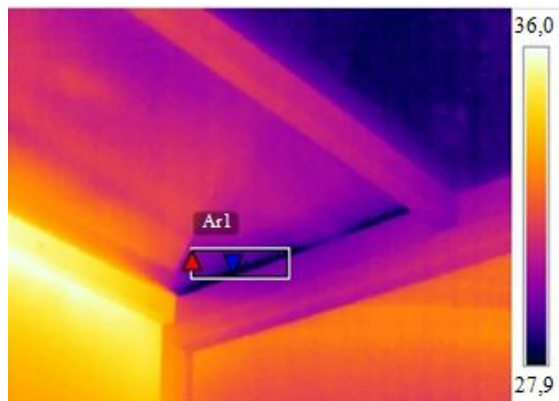


a)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	33,6
	Min	32,8
	Média	33,0
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		0,8

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2,5 m
Temp. ambiente interior	30,1 °C
Temp. ambiente exterior	33 °C
Humidade relativa	54%
Temp. sup. ponto de orvalho	19,9 °C

20:34



b)

<u>Medições:</u>		°C
Ar1	Máx	30,2
	Min	28,0
	Média	29,3
Diferença		
Ar1.Max - Ar1.Min		2,2

<u>Parâmetros:</u>	
Emissividade	0,91
Temp. refl.	20 °C
Distância	2 m
Temp. ambiente interior	28 °C
Temp. ambiente exterior	31 °C
Humidade relativa	48%
Temp. sup. ponto de orvalho	16 °C



c)

